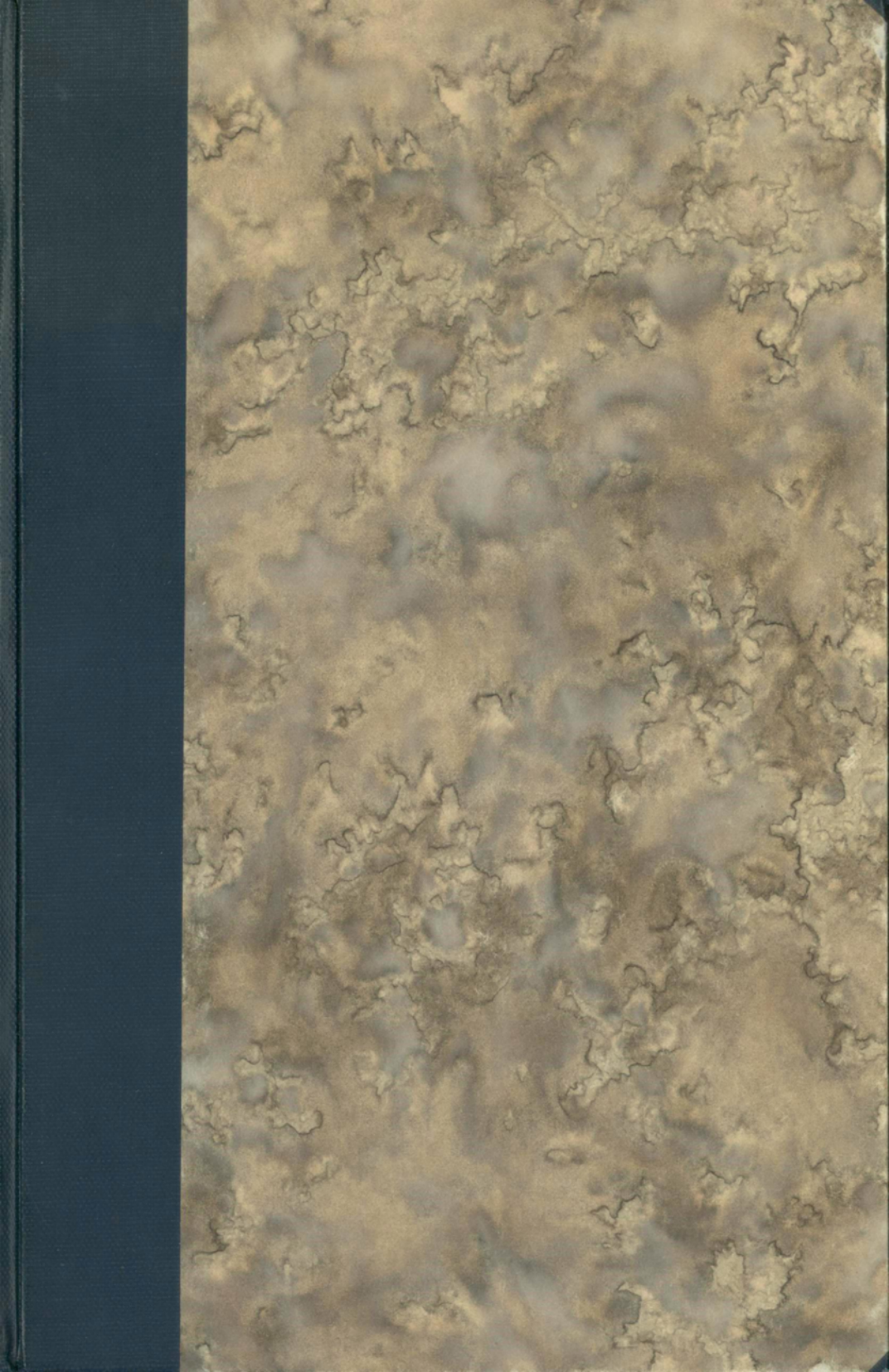


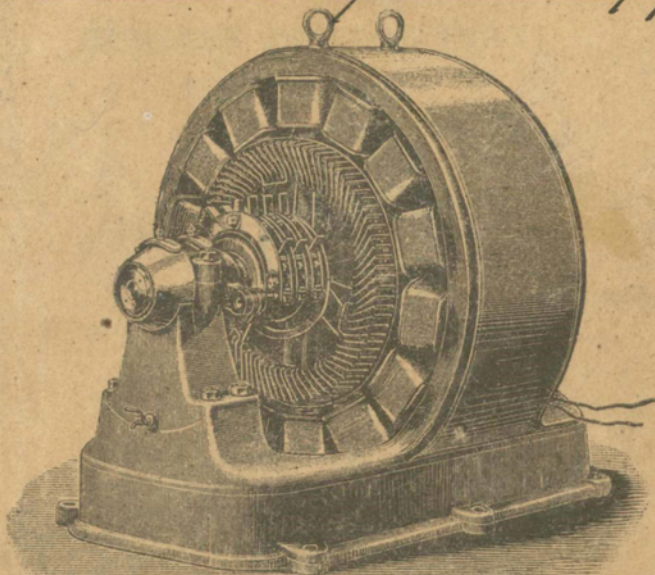




Karl Wallin
SÄHKÖ. I-II

Karl Wallin

SÄHKÖ JA SEN KÄYTTÄMINEN VALAISTUKSEEN
JA TYÖVOIMAN SIIRTÄMISEEN.
Tampere 1899.



KARL WALLININ
MUKAAN.

TAMPEREELLA,
M. LYYTISEN KUSTANNUKSELLA.



L. L. L.
Lehtinen
Tampere
SÄHKÖ 1899

I.

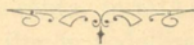
SÄHKÖ JA SEN KÄYTTÄMINEN VALAIS-
TUKSEEN JA TYÖVOIMAN
SIIRTÄMISEEN.

KARL WALLIN'IN

MUKAAN.

L.

VARUSTETTU 74 KUVALLA.



TAMPEREELLA,
M. LYYTISEN KUSTANNUKSELLA.

SÄHKÖ

TAMPEREELLA,
TAMPEREEN KUSTANNUS KIRJAPAINO M. LYYTINEN & K-NIT, 1899.

Sähkövirta ja sen vaikutukset.

Vuonna 1790 huomasi italialainen anatoomi *Galvani* jotakin, joka aiheutti laajoja tutkimustöitä, kosketussähkön ja sen tärkeimpien lakien keksimisen.

Tutkimistöissään oli hän näet asettanut tapetun sammakon riippumaan kuparilangan päähän kuistinsa rauta-aitaukselle ja huomasi silloin sattumalta sammakkovalmistuksessa kouristusliikkeitä joka kerta kun se koski rauta-aitaukseen.

Galvani, joka alussa oli vakuutettu siitä, että nämä liikkeet syntyivät ilmassa olevan sähkön vaikutuksesta, koetti sittemmin todistaa, että ne riippuvat valmisteessa olevasta ruumissähköstä sekä siitä johtuvista sähkön purkaantumisista. Että tämä selitys kumminkaan ei ollut oikea, sen todisti muutamia vuosia myöhemmin fyysiikko *Alexander Volta*, jonka perustelujen mukaan ilmiö pääasiassa riippuu ihan toisista syistä.

Volan teorian mukaan syntyy aina sähköä silloin kun kaksi eri metallia koskettelevat toisiansa, mainitussa tapauksessa kupari ja rauta, ja tätä *kosketussähköä* piti hän kysymyksessä olevan ilmiön todellisenä syynä.

Volan erittäin tärkeät keksinnöt ovat sittemmin muodostaneet sen perustan, josta sähkötiede on kehittynyt, ja tämä kehitys on käynyt mahdolliseksi soveltamalla kosketussähkön lakeja *galvaanisten virtalähteitten* aikaansaamista varten.

Itse laati hän myös semmoisen v. 1800, ja tämä *Voltan sähköjakso* on se keksintö, josta kaikki galvaaniset elementit ovat saaneet alkunsa ja joka on tehnyt sähköön, sen ominaisuuksien ja vaikutuksien, tutkimisen mahdolliseksi.

Tätä ennen tiedettiin, että eri kappaleet ovat erikaltaisia kun ne saatetaan sähköisiksi. Eräissä kappaleissa leviää sähkö koko pinnalle ja johtuu niistä muihinkin niiden kanssa yhteydessä oleviin kappaleisiin; toisissa taas jääpi sähkö siihen kohtaan, mihin sitä on johdettu. Sentähden jaettiin kappaleet kahteen pääryhmään: *johtajiin* ja *epäjohtajiin*.

Kaikilla johtajilla on se ominaisuus, että ne suuremmassa tahi pienemmässä määrässä vastustavat sähköön virtaamista s. o. vaikuttavat *johtumisvastustusta*. Koska tämä metalleissa on varsin pieni nesteitten vastustukseen verraten, jaetaan johtajat *hyviin johtajiin* tahi *ensi luokan johtajiin*, kuten metallit ja hiili, sekä *huonoihin johtajiin*, tahi *toisen luokan johtajiin*, kuten suolavesi ja heikot hapot.

Kun sähköjohdon ympäröi epä-johtajalla, estetään täten sähköön pääsy muihin johtajiin eli toisin sanoen, silloin eristetään eli isoleerataan johtaja näistä. Epä-johtajia kutsutaan sentähden myöskin *isolaattoreiksi* eli *eristäviksi aineiksi*. Näihin luetaan sellaiset aineet kuin lasi, pihka, kuiva puu, silkki, villa, pumpuli, öljyt sekä ilma.

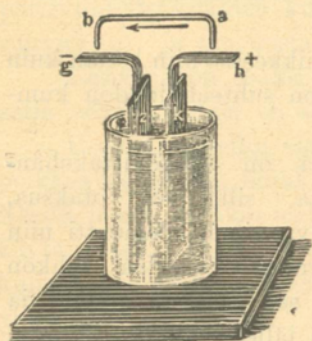
Kappaleet ovat yleensä samankaltaisia sähköön kuin lämmönkin suhteen.

Jos tahdomme kuumentaa rautasauvaa, jonka toisesta päästä pidämme kiinni, huomaamme, että lämpö johtuu sauvan tullessa olevasta päästä siihen, jota pidämme kädesämme. Lämpö on siis johtumisen kautta kulkenut sauvan toisesta päästä toiseen. Vähitellen on niinkin paljon lämpöä johtunut, että sauva alkaa polttaa, jonka tähden sen ympärille kääritään vaateriepu tahi muuta sellaista. Ei olisi mitään hyötyä kääriä sen ympärille esim. n. k. lyyjypperia (stanioolia) tahi jotakin samankaltaista metalliainetta, syystä että tämä *johtaa* lämpöä, vaan täytyy valita aine,

joka niin vähän kuin suinkin johtaa lämpöä, s. o. joka toimii *isolaattorina*.

Samalla tavoin kuin eristämme höyryjohtomme käärimällä niitten ympärille sopivaa isoleerausainetta, jotta lämpö ei jäisi tarpeettomiin paikkoihin, vaan tulisi käytetyksi sitä tarkoittavissa koneissa ja laitoksissa, varustamme sähköjohdotkin isoleerausaineilla, jona tavallisesti käytetään kautsupäälyllystä, jota suojaa vahattu tahi asfaltoitu pumpulikääre.

Koska ilma on eristävä aine, ei vapaasti ilmassa riippuvia johtoja ole tarvis varustaa eristävillä päällyksillä, vaan ainoastaan kiinnityskohdissa kiinnittää lasisiin, posliinisiin tahi samallaista ainetta oleviin eristäjiin.



Kuva 1.

Jos vettä sisältävään lasiastiaan, (kuva 1), johon on tiputettu muutamia tippuja rikkihappoa, pannaan kaksi eri metallia (hiiltä on tässä pidettävä metallina), niin on tämä laite sähkölähde, jota kutsutaan *galvaaniseksi elementiksi*. Niitä metalleja, jotka tavallisesti ovat levyjen tahi tangon muotoon valmistettuja ja jotka elementin muodostavat. esim. kupari (*k*) ja sinkki (*z*), kutsutaan *elektroodeiksi*. Näitten vapaita päitä (*g* ja *h*) nimitetään elementin *pooleiksi*.

Yleisesti lienee tunnettua, että höyrykattilaan suletulla vesihöyryllä on paino eli jänitevyys. Jos kattila on varustettu viemärijohdolla, niin virtaa höyry tämän kautta niin kauan kuin paino höyrykattilassa on ulkopuolella olevan ilman painoa suurempi eli toisin sanoen, niin kauan kuin on eroa painon suhteen johdon molemmissa päissä.

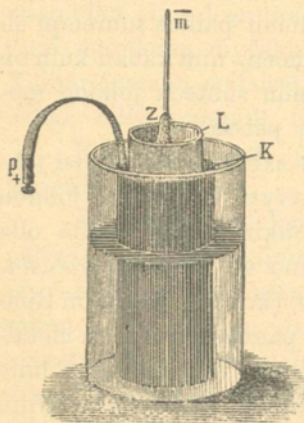
Jotta sähkövirta syntyisi johon, täytyy niinikään johdon kumpaisenkin pään välillä olla sähköpaino eli *jänitevyyserotusta*.

Elektroodein tullessa veden yhteyteen, syntyy niitten kosketuskohdissa *elektromotoorisia voimia*, jotka vaikuttavat vastaavan *jäntevyyserotuksen* elementin poolien välillä.

Jos poolit yhdistetään metallilangalla, sanotaan virtapiiriä suljetuksi ja sähkövirta syntyy, joka kulkee *positiivisesta* poolista (*h*) johtajan (*a b*) kautta *negatiiviseen* pooliin (*g*) sekä yhä edelleen positiivisesta elektrodista (*z*) eli *anoodista* nesteen kautta negatiiviseen elektroodiin (*k*) eli *kotoodiin*.

Näemme siis, että virta kulkee sekä ulkopuolisen virtakehän että elementin kautta melkein samalla tapaa kuin jos olettaisimme kaareutuvan johdon, jossa vesi pysyy liikkeessä siten että se pumputaan johdon toisesta päästä sisään ja sitten imeytyy takaisin jälleen toisesta päästä. Pumppu vastaisi silloin galvaanista elementtiä, johto ulkopuolista virtakehää.

Vesi pysyy tässä tapauksessa liikkeessä niin kauan kuin pumppu vaikuttaa erotuksen painon suhteen johdon kumpaisenkin pään välillä.



Kuva 2.

Samä on sähkövirtakehänkin laita, sillä voi otaksua, että galvaaninen elementti niin sanoaksemme pusertaa sähköä johtoon sen toisesta päästä ja imee sen jälleen takaisin toisesta, niin kauan kuin se voi vaikuttaa *jäntevyyserotuksen* pooliensa välillä.

Tämän ohessa pitänee mainita, että nimityksillä *jäntevyyserotus*, *jäntevyys*, *potentiaaalierotus* ja *potentiaaalidifferenssi* on ihan sama merkitys, jonka tähden niistä voi käyttää mitä haluaa. Kun seuraavassa puhutaan jäntevyydestä, joka on tavallisin nimitys, tarkoitetaan sillä siis jäntevyyseroitusta.

Yllä kerrottu elementti on ominaisuuksiensa puolesta useita muita galvaanisia elementtilaitteita ala-arvoisempi. Sen elektromotoorinen voima heikkenee näet sangen pian siitä syystä, että kuparin ympärille, virran kulkeissa sen läpi, kokoontuu vetykaasua, jonka veden jakaantuminen alkusiinsa synnyttää.

Tässä suhteessa täydellisimpien elementtien joukkoon luetaan *Daniellin* keksimä elementti, joka voi verrattain pitkän ajan kuluessa synnyttää pysyväisen virran.

Daniellin elementtiin (*kuv. 2*) kuuluu lasiastiaan asetettu sylinterimäisesti koukistettu kuparilevy (*K*) jonka sisäpuolelle on asetettu huokoinen savisylinteri (*L*). Tässä taasen on sinkkitanko (*z*), jonka yläpäähän on juotettu kiinni metallilanka, ollen se elementin negatiivisena poolilankana (*m*). Kuparisylinteristä lähtee kuparikaistale, joka päättyy puristusruuviin (*p*) ja muodostaa elementin positiivisen poolin.

Lasiastia on osaksi täytetty kuparivihtrillillä ja savia-astia vedellä, johon on sekoitettu $\frac{1}{10}$ rikkihappoa.

Useita Daniellin elementistä enemmän tahi vähemmän poikkeavia kupari-sinkkielementtejä on sittemmin laadittu. Näistä lienee, ainakin meillä, *Meidingerin* elementti enimmäkseen käytännössä. Tässä elementissä on lasiastian pohjalla kuparilanka tahi ainoastaan ylöspäin menevällä johdolla varustettu lyyjylevy. Astian reunalta riippuu sinkkilevystä tehty silinteri. Lasiastia sisältää puoleksi kuparivihtrilliliuvosta sekä tämän päällä Englannin suolaliuvosta. Eri painonsa takia pysyvät nämä nesteet toisistaan erillään, toinen toisen pinnalla, mutta jotta tämä voi tapahtua, ei elementtiä tietysti saa liikutella tahi puistella niin että nesteet sekoittuvat.

Paitsi näitä on olemassa monta galvaanista elementtiä, joissa kuparin sijasta on vielä voimakkaammin vaikuttava hiili.

Tällaisetkin elementit ovat valmistetut joko kahdella nesteellä, kuten *Bunsenin* elementti tahi ainoastaan yhdellä kuten telefooni- ja soittojohdoissa paljo käytetty *Leclanchén*

elementti. Tässä muodostaa negatiivisen elektroodin hiili-levy, jota ympäröi yksi tahi kaksi ruunikivestä ja hiilestä tehtyä levyä, ja positiivisen elektroodin elohopealla peitetty sinkkitanko. Nesteenä on tässä melkein „tyydytetty“ salmiakkiliuvos.

Useimmissa tapauksissa, milloin galvaanisia elementtejä käytetään, on välttämätöntä kytkeä useita yhteen, niin että ne muodostavat galvaanisen *patterin*.

Tavallisesti yhdistetään elementit siten, että (jos Daniellin elementtiä käytetään) ensimmäisen elementin sinkki yhdistetään toisen elementin kuparisilinteriin, tämän sinkki kolmannen kupariin j. n. e. Patterin pooleina on silloin ensimmäisen elementin kuparipooli positiivisena poolina, ja viimeisen elementin sinkki, negatiivisena poolina. Sama sääntö pitää paikkansa, vaikkakin kuparin sijasta on elementissä hiili tahi joku muu aine.

Jos patterin kumpainenkin pooli yhdistetään platinalevyyn, joka asetetaan rikkihappoista vettä sisältävään lasiastiaan, huomaa, että kumpaisenkin levyn pinnalle syntyy pieniä kaasukuplia, jotka virran ollessa tarpeeksi voimakkaan, nousevat nesteen pinnalle. Nämä kaasukuplat, jotka syntyvät sähkövirran vaikuttamasta veden jakaantumisesta ovat *happikaasua* ja *vetykaasua*, jotka ovat veden alkuaineet.

Jos tähän kokeeseen platinalevyjen sijasta käytetään kahta epäjalosta metallista tehtyä levyä, joita peittää oksidikalvo, näemme että positiivisen poolin kanssa yhteydessä olevalla levyllä tuskin voi huomata mitään kaasunmuodostumista. Kun levyt nostetaan nesteestä, huomaa positiivisen levyn yhä enemmän oksideerautuneeksi, jota vastoin negatiivinen on ihan kirkas. Tämä johtuu siitä että happikaasu mielellään yhtyy epäjaloihin metalleihin tahi *oksideeraa* ne, vetykaasu sitä vastoin vapauttaa eli *reduseeraa* metallit oksidista.

Jos levyt olisivat lyyjystä tehtyjä, tulisi siis toinen niistä, positiivinen, oksideerautumaan (mustumaan) jota vastoin negatiivinen säilyttäisi metallisen pintansa.

Kun patteri, toimittuaan jonkun aikaa, otetaan pois,

on silloin alkujaan samanlaisista rikkihappoisessa vedessä olleista lyyjylevyistä saatu galvaaninen elementti, jossa toinen elektroodi on puhdasta lyyjyä ja toinen happoista lyyjyä, jota tässä voi lähin verrata hiileen.

Sellaista elementtiä, missä elektroodein erilaisuus aikaansaadaan *latauksen* kautta, kutsutetaan *sekundääriseksi elementiksi*.

Jos semmoista käytetään virtalähteenä, tasaantuu elektroodein erilaisuus, kun määrätty virtamäärä on johdettu, ja virta lakkaa. Uudelleen ladattuna voi sitä jälleen käyttää virtalähteenä, kunnes se on purkautunut.

Jos lyyjylevyt rihlataan pinnaltaan tahi tehdään ristikon muotoisiksi ja nämä rihlat ja ristikot täytetään mönjästä (hapotetusta lyyjystä) ja rikkihaposta tehdyllä taikinalla, voivat ne vastaanottaa melkoista suuremman latauksen.

Käsitys, että sekundäärisissä elementeissä voisimme niin sanoaksemme koota sähkötarmo, on niille antanut nimen *akkumulaattorit*.

Edellisen mukaan on ehtona sähkövirran syntymiseen johtoon se, että johdon pääpisteitten välillä on olemassa sähköjännitevyys. Tämän suuruudesta riippuu myös *virranvoima* eli se sähkömäärä, mikä aikayksikön (sekunnin) kuluessa virtaa johdossa.

Osottaaksemme tämän seikan vertaamme sähkövirtaa vesivirtoihin.

Otaksukaamme, että korkean vesiastian kylkeen on tehty kolme reikää, joista yksi lähelle astian pohjaa, toinen vähän korkeammalle ja kolmas hiukan alapuolelle astiassa olevan veden pintaa.

Tarkastaessamme sitä vesimäärää, joka määrätyn ajan kuluessa virtaa kustakin näistä, huomaamme, että suurin määrä on virrannut alimman aukon kautta, pienempi määrä keskimäisestä ja kaikkein pienin ylimmästä aukosta. Tämä erotus riippuu siitä, että veden paino on suurin alimman aukon luona ja vähenee ylöspäin.

Kuta suurempi paino on, sitä suurempi on siis sekunnin ajalla virtaava vesimäärä. Samaten on myös sähkövirrassa virran voima eli sekunnissa virtaava sähkömäärä sitä suurompi kuin suurempi jännite on.

Jos yhteen astiassa olevista reijistä asettaa pitkän vaakasuoran putken, joka läpimitaten on yhtä suuri kuin entinen aukko, huomaa melkoisen pienemmän vesimäärän virtaavan siitä kuin ennen saman ajan kuluessa. Tämä riippuu siitä, että putki vaikuttaa vastustavasti veden virtaamiseen.

Samalla tavoin on myös sähkövirran voima riippuva johdon vastustuksesta siten, että virran voima on suurempi vastustuksen ollessa pienempi ja päinvastoin.

Näitä olosuhteita käsittää *Ohmin* keksimä laki virranvoiman, jännitevoiman ja vastustuksen välisestä yhteydestä.

Ohmin lain mukaan on nimittäin virranvoima
$$= \frac{\text{jännite}}{\text{vastustus}}$$
 s. o. virranvoima saadaan kun jännite jaetaan vastustuksella. Tästä näkyy, että jännitevoiman kasvaessa kasvaa myös virran voima, vastustuksen lisääntyessä vähenee virranvoima.

Jos jännitevoiman ja vastustuksen sijasta virranvoima ja vastustus ovat määrättyt, niin voi laskea tarpeellisen jännitevoiman $= \text{virranvoima} \times \text{vastustus}$ s. o. kertomalla virranvoiman vastustuksella.

Jos taas virran voima ja jännitevoima ovat tunnettuja, niin lasketaan vastustus $= \frac{\text{jännite}}{\text{virran voima}}$

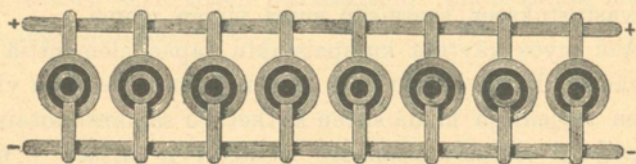
Kuva 3. s. o. jakamalla jännitevoima virranvoimalla.

Ohmin laki, jota lienee pidettävä sähköopin kaikkein tärkeimpien lakien joukkoon kuuluvana, pitää paikkansa niin hyvin *koko* virtapiirissä kuin ainoastaan *ulko*-virran tahi *pienemmän osan* suhteen.



Kun tahdotaan käyttää sitä *koko* virtakehän suhteen, on muistettava, että jänteveydellä silloin on sama arvo kuin elektromotorisella voimalla sekä että vastustuksena otetaan laskuun virranvoiman ja ulkojohtoon vastustuksien *summa*.

Jos lasku tehdään ainoastaan *ulko*-virtaa varten, niin otetaan laskuun poolijänteveys eli *puristusjänteveys* virran



Kuva 4.

ollessa sulettuna, kun lasku taas tarkoittaa pienempää osaa virtakehästä, jänteveys ja kysymyksessä olevan osan kumpaisenkin pään välillä oleva vastustus.

Jos galvaaniset elementit kytketään yhteen siten kuin vieressä olevassa kuviossa 3, tahi niin että yhden elementin sinkki yhdistetään seuraavan elementin kupariin j. n. e., niin ovat elementit kytkettyinä *sarjaan* eli *toistensa jälkeen*.

Tässä kuten seuraavissakin tapauksissa saadaan koko patterin elektromotorinen voima kertomalla sarjaan kytkettyjen elementtien luku yhden elementin elektromotorisella voimalla.

Patterin vastustus voidaan tässä tapauksessa laskea kertomalla sarjaan kytkettyjen elementtien luku yhden elementin vastustuksella.

Tätä tapaa elementtien yhdistämiseksi käytetään silloin kun ulkovirtakehässä on verrattain *suuri* vastustus, koska, Ohmin lain mukaan, siten saadaan suurin virran voima.

Jos elementit sitävastoin yhdistetään, kuten kuviossa 4, siten että kaikissa elementeissä positiivinen pooli yhdistetään yhteiseen johtoon ja negatiivinen pooli toiseen niinikään yhteiseen johtoon, niin ovat elementit *yhdensuuntaisesti* kyt-

kettyt eli kytketyt vierekkäin. Ylläolevan mukaan on luonnollisesti koko patterin elektromotoorinen voima nyt sama kuin yhden ainoan elementin. Vastustus sitä vastoin on ainoastaan $\frac{1}{8}$ yhden elementin vastustuksesta. Patteria on nimittäin pidettävä *yhtenä* elementtinä, varustettuna 8 kertaa suuremmilla elektroodeilla kuin kussakin elementissä olevat ovat, ja kuta suuremmat nämä ovat, sitä pienempi on johtovastustus. Täten kytketään elementit, jotta pienen vastustukseen saataisiin suuri virran voima.

Voi myös käyttää kumpaistakin tapaa elementtiä yhdistettäessä, kuten silloin kuin patteri jaetaan kahteen yhtäsuureen sarjaan ja nämä sitten kytketään samansuuntaisesti tahi neljään yhdensuuntaisesti kytkettyyn sarjaan j. n. e.

Niinkuin galvaanisissa elementtejä voi kytkeä sarjaan eli yhdensuuntaisesti, niin käytetään johtoja ja koneita yhdistettäissä kumpaakin tapaa joko yksinään tahi yhdistettynä.

Johtojen suhteen sattuu usein, että tahdotaan laskea semmoisen vaikuttama vastustus, tahi jos on johdon pituus ja vastustus tunnettuna, laskea johdon paksuus. Tämä voikin helposti tapahtua, kun vain samalla tunnetaan aine, mistä johto on tehty.

Johdossa on näet suurempi vastustus kuta pitempi se on, niin että esim. 10 metriä lankaa vaikuttaa kaksi vertaa suuremman vastustuksen kuin 5 metriä, eli 10 vertaa suuremman kuin 1 metri.

Johdon paksuus sitä vastoin vaikuttaa päinvastaisessa suhteessa, niin että johto, jonka läpileikkauspinta on 10 neliömillimetriä, vaikuttaa puolet siitä vastustuksesta kuin yhtä pitkä, läpileikkauspinnaltaan 5 neliömillimetriä oleva johto, ja ainoastaan $\frac{1}{10}$ siitä vastustuksesta, minkä yhtä pitkä, läpileikkauspinnaltaan 1 neliömillimetriä oleva johto vaikuttaa, kaikki tämä sillä edellytyksellä, että johdot ovat samaa ainetta.

Jos ne sitä vastoin ovat eri ainetta, niin on laskuun otettava myös toinen tulontekijä, joka kokonaan on riippuva siitä aineesta mistä johto on laadittu.

Tämä tulontekijä ilmoittaa *yhden metrin* vastustuksen, kun johdon läpileikkauspinta on 1 neliömillimetriä ja kutsutaan sitä aineen todelliseksi vastustukseksi eli *erityis vastustukseksi*.

Kun tämä tunnetaan, saadaan johdon vastustus = erityisvastustus $\times \frac{\text{pituus metrissä}}{\text{pinta-ala neliömillim.}}$ tahi siten, että kerrotaan pituus metrissä sillä luvulla, joka ilmaisee erityisvastustuksen sekä sitten jaetaan tulos pinta-alalla, merkittynä neliömillimetreissä.

Jo alussa galvaanista sähköä käytettäessä huomattiin se muutos, joka virran kemiallisesta vaikutuksesta tapahtuu galvaanisessa elementissä.

Voltan sähköjaksossa, niinkuin muissakin yksinesteissä kupari — sinkkielementeissä, heikkenee nimittäin, kun virta on sulettu, elektromotoorinen voima pian niin, että virta pian loppuu. Kuten ennen on mainittu, riippuu tämä seikka siitä, että elementin neste jakaantuu alkuaineisiinsa, happen ja vetyyn. Vetykaasu vapautuu silloin, jota vastoin happi ja nesteen muut aineosat yhdistyvät sinkkiin. Kuparin ympärille kokoontuu sitä vastoin vetykaasukuplia ja täten pienenee elektromotoorinen voima ja virta heikkenee.

Välttääkseen tätä n. k. *polarisatsioon*ia, käytti Daniell elementissään rikkihappoista kuparioksiidi tahikuparivihtrilliuivosta. Vety ei silloin pysähdy kuparin pinnalle, vaan yhtyy nesteen muitten aineosien kanssa niin, että siinä löytyvä kupari vähitellen kulkee kuparielektroodiin, jonka pinnalle se laskeutuu. Tästä syystä voi tämä elementti pitemmän ajan kuluessa vaikuttaa pysyvän tahi *konstantin* virran.

Sähkövirran kykyä metallisuolaliuvoksesta eroittaa metallit, käytetään *galvaniseerauksessa*, kun taideteoksia

päällystetään kullalla tahi muilla metalleilla eli epäjaloja metalleja nikkelillä, hopealla tahi kullalla.

Jo Daniell huomasi, että kun kupari on saotettu niin paksuksi kerrokseksi, että sen voi eroittaa, syntyy sakan alaspäin olevalle pinnalle tarkka jäljennös kaikista alla olevan esineen naarmuista ja epätasaisuuksista. Tätä ominaisuutta käytetään, kun kuparin avulla galvaanisesti otetaan jäljennöksiä pienemmistä taideteoksista, kirjapainon kirjasimista ja painolaatoista.

Jos päällystettävät esineet eivät ole johtajia, saadaan ne johtajiksi hieromalla niihin hienonnettua lyyjyä. Syystä että sähkövirran avulla erotettu metalli on täydellisesti vapaa kaikista lika-aineista, käytetään tätä tapaa metallien *puhdistamiseen*, etenkin kuparin, jota sähköteknillisiä tarpeita varten tahdotaan saada niin puhtaana kuin mahdollista on.

Galvaanisissa elementeissä saadaan sähkövirta sen sinkin kustannuksella, jota elementissä käytetään, siis *kemiallisen* työn kautta. Sähkövirralla on kuitenkin aina vissi määrä *energiaa* eli kykyä ja se on tämä joka, kun virtaa käytetään metallien saottamiseen, jälleen muuttuu kemialliseksi työksi.

Jos sitä vastoin antaa virran kulkea metallisen johdon kautta, ei aina voi huomata vaikutusta, ja sen energiaa tuntuu silloin katoavan jäljettömiin.

Sähköenergia ei kuitenkaan, yhtä vähän kuin mikään muukaan energian muoto, voi kadota, se voi ainoastaan *muuttua muiksi energian muodoiksi*.

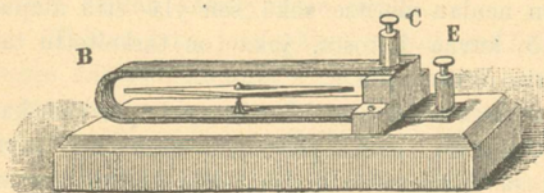
Johto, jossa sähkövirta kulkee, vaikuttaa aina vastustuksen, joka virran täytyy voittaa päästäkseen eteenpäin johdossa. Sähköenergiaa muuttuu siitä syystä aina suuremmassa tahi pienemmässä määrässä lämmöksi tahi *lämpöenergiaksi*, riippuen vastustuksesta ja virran voimakkuudesta.

Syntynyt lämpömäärä on aina suoraan verrannollinen *johdon vastustukseen ja virranvoiman neliöön*, s. o. kaksi

kertaa voimakkaampi virta synnyttää 2×2 eli 4 kertaa ja 3 kertaa voimakkaampi virta 3×3 eli 9 kertaa niin paljo lämpöä kuin alkuperäinen virta.

Jos virtaan asettaa palasen ohutta metallilankaa, huomaa, että se, jos sen vastustus on sopiva, kuumenee hehkuun saakka, jopa voi sulatakin.

Sähkövaloa varten käytetyissä *hehkulampuissa* saadaan valo siten, että sähkövirta kuumentaa erittäin ohuen hiili-



Kuva 5.

langan hehkumaan. Tämän hiililangan täytyy, jotta ei ilman happiheti pääsisi sitä polttamaan, olla su-

lettuna lasipalloon, josta ilma on pumpattu pois.

Kun voimakas virta johdetaan kahden hiilitangon läpi, joitten päät ovat toistensa kanssa yhteydessä, ei virta katkea, vaikka kosketus heidän välillään lakkautettaisiin siten, että tangot erotettaisiin muutamia millimetriä toisistaan. Virran kulkua tangosta toiseen välittää silloin se hehkuvista hiiliosista ja kaasuista muodostunut *valokaari*, joka syntyy päitten väliin.

Täten aikaansaadaan valo *kaarilampuissamme* sekä suuremmissa loistomajakoissa, jonka ohessa valokaareissa olevaa erittäin suurta kuumuutta käytetään eräissä tapauksissa sulattamaan muuten sulamattomia aineita. Malmienkin sulattamiseen on viime aikoina suuressa määrin ruvettu käyttämään sähkövalokaarta.

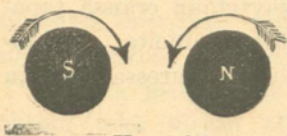
Selittääksemme toista sähkövirran vaikutusta, muistutamme yleisesti tunnetusta koneesta, nimittäin kumpassista. Yksinkertaisimpana ollen muodostaa tällaisen magneettineula, joka on ripustettu siten että se vapaasti voi liikkua joka suunnalle vaakasuorassa asennossaan.

Syystä että täten asetetulla magneettineulalla on se ominaisuus, että sen toinen pää aina viittaa pohjoiseen toinen etelään, kutsutaan edellistä magneetin *pohjoispooliksi*, jälkimmäistä *eteläpooliksi*.

Jos magneettineulan läheisyyteen ja mieluummin saman suuntaiseksi asettaa sähköjohdon, tulee neula tekemään liikkeen suunnastaan, kun sähkövirta on sulettu. Vielä selvemmin näyttäytyy tämä vaikutus, jos virta asetetaan kulkemaan ihan neulan vieritse sekä sen ylä- että alapuolelle. Kuvio 5 kuvaa laitosta, joka on tarkoitettu tätä virran vaikutusta osottamaan.

Vaakasuoralle alustalle on kiinnitetty kuparinen, kaareksi koukistettu tanko, jonka päät ovat varustetut puristinruuveilla C. ja E. koneen kytkemistä varten virtaan.

Tämän tangon alustalla olevaan sivuun on tehty kärki, jonka nenään liikkuva magneettineula on asetettu. [Jos kone silloin kun ei virta kulje sen läpi, asetetaan siten, että kuparitanko on yhden suuntainen magneettineulan kanssa, s. o. että se on asetettu magneettiseen meridiaaniin, niin kääntyy magneettineula toiseen tahi toiseen suuntaan kun virta suletaan. Kääntymiskulman suuruus riippuu virran voimakkuudesta niin, että magneettineula, virran ollessa tarpeeksi voimakas, voi vääntyä mellein 90 astetta eli asettua melkein kohtisuoraan alkuperäistä suuntaansa vastaan. Jos virta saa kiertää magneettineulan ympäri monta kierrosta siten, että kuparitangon sijasta käytetään



Kuva 6.

eristettyjä kuparilankakierroksia, voi heikokinkin virta aikaansaada suuren poikkeamisen. Täten laadittua konetta nimitetään *galvanometriksi* ja on tarkoitettu heikkojen virtojen määrittämiseen. Sitä käytetään kumminkin sähkötekniikassa ylipäänsä johtovastustusta määrittämään, jolloin sen tarkoituksena tavallisesti vain on osottaa sähkövirran olemassa oloa.

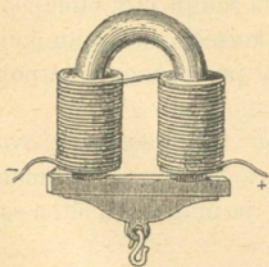
Sähkövirran vaikutusta vapaasti liikkuvaan magneettineulaan (tavallisesti käytetään tähän tarkoitukseen pientä

kumpassia) käytetään eräitten muistisääntöjen ohessa myöskin sähkövirran suuntaa määrättäessä.

Ampèren tätä varten laatima sääntö kuuluu: *Jos ajatellaan uivansa virran suuntaan, kasvot magneettineulaan päin, niin väistyy neulan pohjoispooli aina vasempaan.*

Tätä sääntöä voi käyttää, kun virran suunta on tunnettu, sekä määrätäkseen edeltäkäsin, mihin suuntaan neula tulee vääntymään että päinvastoin virran suunnan määräämiseen neulan kääntymisen avulla.

Toinen laki, jota eräissä tapauksissa lieenee vielä mukavampi käyttää, kuuluu: *Pidä oikea käsi ojennettuna samansuuntaisesti virtajohdon kanssa siten, että sormenpäät osottavat virran suuntaa, sekä kämmen magneettiin päin, niin osottaa ojennettu peukalo suuntaa, johon magneetin pohjoispooli tulee kääntymään.*



Kuva 7.

Luonnollisesti voi päinvastoin määrätä virran suunnan asettamalla kätensä saman säännön mukaan, mutta ottamalla huomioon, että ojennettu peukalo viittaa samaan suuntaan kuin magneettineulan pohjoispooli, jossa tapauksessa virta kulkee kalvosista sormenpäihin menevään suuntaan.

Mutta sähkövirta ei ainoastaan saa vapaasti liikkuva magneettia asennostaan, se voi myös synnyttää magnetismia.

Jos rautatangon ympärille käärii eristettyä kuparilankaa, huomaa rautatangon käyvän magneettiseksi sähkövirran virratessa langassa. Tällä tavoin voi aikaansaada elektromagneetteja, jotka ovat tavallisia teräsmagneetteja paljoa voimakkaammat, sitä myöten kuin lankakierroksien luku on tarpeellisen suuri ja virta tarpeellisen voimakas.

Jos elektromagneetissa käytetty rauta on laadultaan hyvää, n. k. pehmeää rautaa ja hyvin karaistu, niin katoaa magnetismi melkein kokonaan kun sähkövirta lakkautetaan.

Se ominaisuus, että magneettisuus syntyy ja poistuu virran kanssa sekä että se muutoinkin seuraa virran vaihteluja, olkootpa nämä sitten vahvistumista ja heikkenemistä tahi virran suunnan muuttumista, on aikaansaanut, että elektromagnetia on laajalti ruvettu käyttämään sähkötekniikassa. Voimakas virta, joka kiertää raudan ympäri muuttaman kierroksen, saa raudan yhtä magneettiseksi kuin heikko virta, joka kulkee monta kierrosta, kun vain virran *voimakkuus* $\times$ *kierrosluku* kumpaisessakin tapauksessa on sama.

Elektromagneetilla on, kuten kumpassineulallakin eli jollakin muulla teräsmagneetilla, *poolinsa*. Myöskin *Ampéren* laatiman säännön avulla voi, jos virran suunta on tunnettu, saada selville, missä elektromagneetin pohjoispooli ja eteläpooli ovat. Jos tarkastelemme elektromagneetin toista päätä ja huomaamme virran kulkevan samaan suuntaan kuin kellon viisarit, niin on tämä pää magneetin eteläpooli (*S*, kuva 6), jos virta kulkee vastakkaiseen suuntaan kuin kellonviisarit, on kysymyksessä oleva pooli magneetin pohjoispooli. (*N*, kuva 6).

Elektromagneetit samoten kuin teräsmagneetit ovat taivutetut hevuskengän muotoon, (kuva 7), syystä että magnetismia siten voi paremmin käyttää ja magneetti siten saa paljoa suuremman kantamisvoiman.

Sähkövirta tekee magneettisen vaikutuksen silloinkin, kun se kulkee lankakerässä, jonka sisässä ei ole rautaa, niin että, jos rautasisus asetetaan tällaisen kerän aukon *päälle*, se solahtaa aukkoon kun sähkövirta päästetään kiertämään kerän lankoihin. Tätä seikkaa on, kuten seuraavassa osotetaan, käytetty hyväkseen eräissä virran voiman ja jäntevyyden määräämistä tarkoittavissa koneissa.

Sähkövirrat tekevät myös *toisiinsa* joko lähentävän tahi poistavan vaikutuksen. Kaksi tasasuuntaista johtajaa lähentävät toinen toistaan, kun virrat kulkevat *samaan suuntaan*, mutta poistavat toinen toistaan virtojen kulkiessa vastakkaiseen suuntaan. Jos johtajat kulkevat ristiin, koettavat ne asettua siten, että virrat käyvät tasasuuntaisiksi ja kulkevat samaan suuntaan.

Sekä sähkövirran vaikutus magneettineulaan, sen elektromagnetismin synnyttäminen, että virtojen lähentävä ja poistava vaikutus toisiinsa, riippuu siitä, että sähkövirran kulkiessa johtajan läpi tämän ympärille muodostuu aina *magneettinen alue*.

Jos kompassineulan lähelle asettaa toisen magneetin, huomaa viimeksi mainitun jo varsin pitkän matkan päästä vääntävän kompassineulan toiselle tahi toiselle puolelle. Siitä suunnasta, johon kääntyminen tapahtuu, voi myös päätätä, että *erinimiset* poolit (magneettineulan pohjoispooli ja kompassineulan eteläpooli tahi päinvastoin) lähentelevät, *attraheeraavat* toisiaan, mutta että *samanimiset* poolit poistavat, *repelleeraavat* toisiaan.

Tämä magneettien matkan päästä toisiinsa vaikuttava ominaisuus riippuu siitä, että jokaisesta magneetti poolista magneettinen voima säteilee kaikille suunnille magneettisinä *voimaviivoina*, jotka täyttävät ilman magneetin ympärillä eli muodostavat sen ympärille *magneettisen alueen*.

Sähkövirta synnyttää myös samallaisia magneettisia voimaviivoja, jotka samakeskisinä ympyröinä johtajan ympärillä muodostavat *magneettialueen*. Jos yhtäsuuntaisesti sähkön johtajan kanssa ja sen läheisyyteen asetetaan toinen johtaja, niin on tämäkin magneettialueen ympäröimä. Jälkimmäisessä johtajassa syntyy *kaikissa muutoksissa magneettialueen vaikutukseen nähden elektromotoorinen voima*, ja jos johdon päät ovat yhdistetyt, sähkövirta, n. k. *induksioonivirta*.

Ensiksimainittua johtajaa kutsumme *primääri*-johtajaksi ja siinä olevaa virtaa *primäärivirraksi*, jota vastaan viimeksimainittua johtajaa nimitetään *sekundääriseksi* ja sen virtaa *sekundäärivirraksi* eli *induksioonivirraksi*.

Tällainen induksioonivirta syntyy sekä primäärivirtaa yhdistäessä, katkaistessa, vahvistaessa eli heikontessa että muuttumattomassa primäärivirrassa, jos kumpainkin johtajan välimatkaa suurennetaan tahi pienennetään.

Induseerattu virta on tavallisesti varsin lyhytaikainen, kun se virtaa ainoastaan niin kauan kuin magneetti-alueen vaikutus sekundääriseen johtajaan muuttuu. Primäärivirtaa yhdistäessä tahi katkaistessa on siis sekundäärivirta silmänräpäyksellinen. Suuntaansa nähden riippuu sekundäärivirta aina siitä syystä, joka sen on synnyttänyt. *Primäärivirran yhdistäminen ja vahvistaminen* eli johtajien *lähenteleminen* toisiaan, synnyttää induksioonivirran, joka kulkee *päinvastaiseen* suuntaan kuin primäärivirta; primäärivirran *heikontaminen* ja *katkaiseminen* sekä johtajien *poistaminen* toisistaan, saa aikaan sekundäärivirran, joka kulkee samaan suuntaan kuin primäärivirta.

Tähän virran induseeraavaan eli johduttavaan vaikutukseen perustuu galvaanisen induksioonikoneen samoin kuin *transformaattoreiksi* nimitettyjen koneittenkin rakenne.

Galvaaniseen induksioonikoneeseen kuuluu pääasiallisesti kaksi osaa, nimittäin induksioonirulla sekä elektromagneettinen virrankatkaisija, joka aikaansaa toisiaan pian seuraavia yhdistämisii ja katkaisuja primäärivirran kierrossa. Induksioonirullalle on kääritty vahva primäärijohto muutamissa kierroksissa, tavallisesti kahdesta neljään kerrokseen, sekä tämän päälle sekundäärinen johto, joka on ohutta, silkillä käärittyä kuparilankaa, monissa tiheissä kierroksissa. Rullassa on sitä paitsi sisuksena tukko ohutta hyvin kostutettua rautalankaa. Tämä laitelma *muuttaa* eli *transformeeraa* virran verrattain suuresta virran voimasta ja alhaisesta jännitevyyydestä korkeaan jännitevyyteen ja pieneen virran voimaan.

Primääri virralla, joka tähän laitelmaan tavallisesti saadaan galvaanisista elementeistä, on aina sama suunta eli n. k. *samasuuntainen virta*, vaikkakin se jatkuvasti peräkkäin yhdistyy ja katkeaa. Se virta sitä vastoin, joka induseerataan sekundääriseen johtoon, ei virtaa aina samaan suuntaan. Se induksioonivirta, joka syntyy primäärivirtaa yhdistäessä, kulkee nimittäin *päinvastaiseen* suuntaan kuin

se, joka saadaan sitä katkaistessa. Sekundäärivirta kulkee siis johdossa edestakaisin ja on tavallaan *vaihtovirta*.

Viime vuosien kuluessa on valaistusta, työvoimaa ja muita tarkoituksia varten vaihtovirrat joutuneet yhä enemmän käytäntöön, riippuen tämä seikka pääasiallisesti siitä, että mainittu virta helposti ilman mitään mekanisia apukeinoja voidaan transformeerata alhaisimmasta korkeimpaan jännitevyyteen ja päin vastoin.

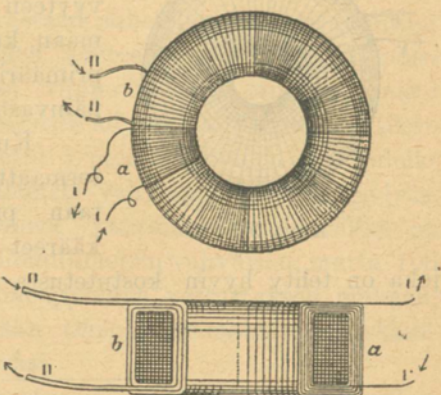
Vaihtovirtaa voi verrata aaltoilevaan viivaan (sinusviivaan), koska virta nolasta nousee korkeimmilleen, jonka jälkeen se jälleen laskee nollaan, nousee sitten vastaiseen suuntaan ylimmilleen ja pienenee nollaan j. n. e.

Nämä alituiset muutokset aikaansaavat, että jos sellainen virta saa kulkea induktioonirullan toisessa johdossa, niin

syntyy sentoiseen johtoon vastaava sekundäärinen vaihtovirta. Tämä voi olla jännitevyydeltään joko voimakkaampi tahi heikompi kuin primäärivirta, riippuen siitä onko lankakierroksien luku sekundäärijohdossa suurempi tahi pienempi kuin primäärijohdossa.

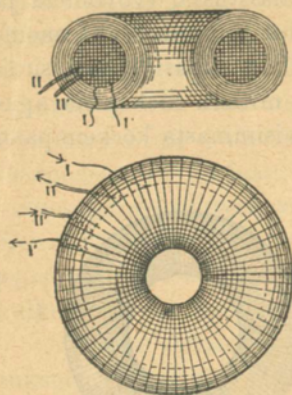
Vaihtovirran transformaattori voi pääasiallisesti olla järjestettynä kahdella eri tavalla. Primääri- ja sekundäärikääreet voivat olla joko vierekkäin eli päällekkäin kierrettyinä rautasisuksen *ympäri*lle tahi voivat johdot olla asetettuina vierekkäin rautapeitteen *ympäri*minä. Edellisiä lajeja kutsutaan *sisus*-transformaattoreiksi, jälkimmäisiä *peite*-transformaattoreiksi.

Kuviot 8 ja 9 osottavat kumpaakin lajia transformaattoreita semmoisina kuin niitä valmistaa Ganz & C:o



Kuva 8.

Budapestissa. Edelliseen kuuluu rengasmaisen sisus ohuista rautalevyistä, jota ympäröi vahva johto, b, sekä useampaan



Kuva 9.

kertaan kierretty ohuempi johto, a. Jos edellistä käytetään primäärijohtona, transformeerautuu virta alhaisesta jännitevydestä ja suuresta virran voimasta korkeampaan jännitevyteen ja pieneen virran voimaan, kun jälkimäistä käytetään primäärijohtona on asianlaita päinvastainen.

Kuviossa 9 esitetyssä transformaattorissa ovat sitä vastaan primääri- ja sekundäärikääreet rautapeitteen sisällä,

joka on tehty hyvin kostutetusta rautalangasta.

II

Sähköyksiköt.

Saadaksemme käsityksen sähkö-opillisista suuruuksista sekä voidaksemme niitä eri tapauksissa verrata, täytyy olla määrättyt yksiköt.

Vuonna 1881 pidettiin Pariisissa saksalaisen sähköteknillisen näyttelyn aikana kongressi, jonka tärkein toimi oli sähköyksikköjärjestelmän laatiminen. Tällä järjestelmällä, joka nykyään on kansainvälinen, on pituusyksikkönä senttimetri, painoyksikkönä gramma ja aikayksikkönä sekunti, jonka tähden sitä kutsutaankin senttimetri-gramma-

sekunti-järjestelmäksi tahi *s-g-s-järjestelmäksi*. Tästä on sitten johdettu *käytännöllisten* sähköyksikköjen järjestelmä, ja teemme tässä alempana selkoa muutamista tärkeimmistä yksiköistä, nimittäin niistä, jotka ovat tarpeelliset Ohmin lain sovelluttamiseen sekä parista muista, joita muutamissa tapauksissa on välttämätön tuntea.

Ennen yleiseen käytettynä yksikkönä mainittakoon *Siemensin yksikkö* johtovastustusta varten. Edellisen mukaan on johdon vastustus suorastaan suhteellinen johtajan pituuteen, päinvastoin kääntäen suhteellinen sen läpileikkausalueeseen sekä sitäpaitsi riippuva siitä aineesta, mistä johtaja on laadittu. *Siemensin* käyttämän vastustusyksikön muodosti lasiputkeen sulettu 1 metrin pituinen ja läpileikkaukseltaan 1 neliömillimetrin vahvuinen elohopeapylväs. Nykyään käytännössä oleva kansainvälinen yksikkö on myöskin määriteltä 1 neliömillimetrin vahvuisen, mutta 106 senttimetrin pituisen elohopeapylvään vastustuksen mukaan, ja tätä yksikköä nimitetään *Ohmiksi*, samannimisen saksalaisen tiedemiehen muistoksi.

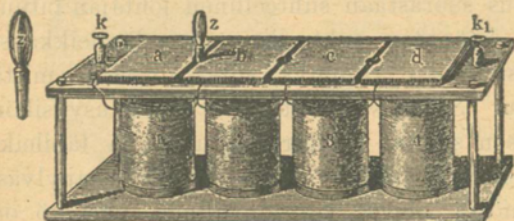
Johdossa oleva vastustus saadaan jakamalla sen pituus metreissä läpileikkauspinta-alalla neliömillimetreissä sekä kertomalla sitten tulos tuolla ominaispainoisella vastustuksella. Sellaista laskemista varten täytyy siis tuntea ominaispainoinen vastustus tahi vastustus määrätystä aineesta tehdyssä 1 metrin pituisessa ja 1 neliömillimetrin vahvuudessa johdossa.

Johto-aineena käytetään tavallisesti kuparia, jonka ominaispainoinen vastustus on $0,0175$ tahi rautaa, ominaispainoisella vastuksella $0,1$.

Nämät arvot tuntien saadaan esim. 500 metrin pituiselle kuparilangalle, jonka läpileikkauspinta on 5 nel. mm., vastustus $= 0,0175 \times \frac{500}{5} = 1,75$ Ohmia ja yhtä pitkälle ja paksulle rautalangalle vastustus $= 0,1 \times \frac{500}{5} = 10$ ohmia. On kumminkin huomattava, että vastustus useimmissa aineissa jossakin määrin riippuu lämpölämmästä

siten, että metallien suhteen vastustus kasvaa lämpöasteen kohotessa, nesteitten ja hiilensuhteen sitä vastaan on asianlaita päinvastainen. Käytännössä ei tätä seikkaa kumminkaan tarvitse ottaa huomioon.

Johdon vastustusta määritessä menetellään tavallisesti siten, että verrataan tuntematon vastustus ennen tarkalleen tunnettuihin vastustuksiin. Kuva 10 kuvaa konetta, jota nimitetään *reostaatiksi* eli vastustus panokseksi ja sisäl-



Kuva 10.

tää se neljä sellaista vastustusta. Nämä, jotka tavallisesti ovat tehdyt päällystetystä uushopealangasta, on kääritty puurullille ja kukin niistä

kytketty kahden, eristävään alustaan kiinnitetyn messinkilevyn väliin *ab*, *bc* ja *cd*. Laitimmaisten rullien johtokierrokset ovat yhdistetyt puristusruuveihin *k* ja *k1*. Jos tappi, *z*, pistetään kahden messinkilevyn väliin, poistetaan täten näitten välillä oleva vastustus, sillä tappi yhdistää suoraanaisesti messinkilevyt.

Jos sitävastaan tappia ei ole asetettu, kulkee virta kaikkien vastustusrullien läpi. Siten voi mielensä mukaan tappien avulla yhdistää virtakehään 1, 2, 3 eli 4 vastustusrullaa. Tavallisesti jaetaan tällaiset vastustusmäärät eli tappireostaatit siten, että vastustuksien summana on 10, 100, 1000 j. n. e. Sentähden on niissä tavallisesti vastustukset 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50 j. n. e.

Jänteveyden yksikköä kutsutaan kosketussähkön keksijän nimen mukaan *voltiksi*, ja vastaa se likimain poolien välillä olevaa jäntevyyttä sulkemattomassa Daniellin elementissä.

Sähkötekniikassa käytetään jäntevyyksiä 1:stä tahi 2:sta useaan tuhanteen volttiin saakka. Hehkulamppuva-

laistusta varten käytetyissä virroissa on jännitevyys tavallisesti 100 à 110 voltia.

Kun tuntee kaksi Ohmin lain mukaista suuruutta, voi helposti määrätä kolmannen. Jos johdon vastustus on 1 ohmi ja jännitevyys sen päissä 1 voltti, niin saadaan tässä johdossa virta, joka vastaa virranvoiman yksikköä eli *ampèria*. Ohmin lain mukaan on siten $\text{ampèri} = \frac{\text{voltti}}{\text{ohmi}}$.

Jakamalla jännitevyyden voltissa vastustuksella ohmissa, saadaan siis virranvoima ampèrissa.

Otaksutaan esim., että johdon kahden pisteen välinen vastustus on 10 ohmia ja jännitevyys 20 voltia, niin olisi siis virranvoima $= \frac{20}{10} = 2 \text{ ampèria}$.

Jos sitä vastaan tahdotaan määrätä se jännitevyys, joka vaaditaan, että määrätyn vastustuksen kautta saataisiin määrätty virranvoima, niin on tämä jännitevyys voltissa $= \text{ampèri} \times \text{ohmi}$.

Jos johdon vastustus olisi 5 ohmia ja virran voima siinä otaksutaan 2 ampèriksi, niin on jännitevyys $= 2 \times 5 = 10 \text{ voltia}$.

Jos vihdoin tahdottaisiin määrätä vastustus virtakehässä, jossa virranvoima ja jännitevyys tunnetaan, niin saadaan vastustus ohmissa $= \frac{\text{voltti}}{\text{ampèri}}$.

Jos virranvoima $= 60 \text{ ampèria}$ ja jännitevyys $= 100 \text{ voltia}$, saadaan vastustus $= \frac{100}{60} = 1,66 \text{ ohmia}$.

Sähkövirta synnyttää aina johdossa, jonka läpi se kulkee jonkun verran lämpöä, joka riippuu johdon vastustuksesta ja on muuten virran voiman neliön kanssa suhteellinen. Jos ohmin lain mukaan määrätään vastustus virran voimassa ja jännitevyydessä, on kehittynyt lämpömäärä suhteellinen tulokseen jännitevyys $\times$ virranvoima. Kun lämpö kuitenkin on energiamuoto, jonka voi muuttaa mekaaniseen tahi sähkötoimintaan, voi jännitevyys $\times$ virranvoima edustaa sähkötyötäkin. *Sekunnissa* toimitetun sähkötyön yksikköä eli sähkö-*effektiä* (tulosta) nimitetään *watt'*iksi ja on siis $= \text{voltti} \times \text{ampèri}$.

Että tämä edustaa sitä sähkötoimintaa, joka sekunnin ajalla tapahtuu johdossa, voimme muutenkin käsittää.

Henkilö, joka nostaa jonkun painon, suorittaa siinä työn. Jos paino painaisi 10 kg ja se nostettaisiin 2 m. korkeuteen, on silloin toimitettu työ $10 \times 2 = 20$ työyksikköä eli kilogramma-metriä; jos tämä työ tapahtuu sekunnin ajalla, ilmaisee luku työ-effektin eli sekunti-kilogramma-metrin. Jos paino sitten saa pudota alkuperäiseen asemaansa, toimitetaan sama työ, joka silloin menee lämmöksi.

Sen työn, jonka vesiputouksessa alas vieriävä vesimäärä voi aikaansaada, voi myös määrätä siten, että kerrotaan juokseva vesimäärä putouksen korkeudella eli painekorkeudella. Jos vesimäärä lasketaan kiloissa sekunnin ajalla ja putouksen korkeus metreissä, saadaan työ sekunti-kilogramma-metrissä, joka tässä myöskin ilmaisee putouksen efektin.

Tähän katsoen on sähköeffekti eli yhden sekunnin kuluessa tehty työ sama kuin sekunnin ajalla virtaava sähkömäärä, eli virranvoima kerrottuna jännitevyydellä, siis $= \text{ampère} \times \text{voltti}$.

Jos tahdotaan laskea hehkulampussa käytettyä sähkötyötä jännitevyuden ollessa 100 voltia ja virranvoiman 0,5 ampèria, on tämä siis: $100 \times 0,5 = 50$ wattia.

Mekaaninen työ ilmaistaan usein suuremmassa yksikössä, nimittäin efektiivisessä hevosvoimassa, jolla tarkoitetaan 75 kilogramma-metriä sekunnissa. Tätä työtä vastaava sähkötyö on 736 wattia. Jos ajatellaan konetta, joka *mitään menettämättä* muuttaisi mekaanista työtä sähkövirraksi, saataisiin sellaisen järjestelmän kautta yhtä efektiivistä hevosvoimaa vastaamaan 736 wattia.

Viime aikoina on kuitenkin hevosvoiman sijasta ruvettu käyttämään suurempia sähkötyömääriä varten muita yksiköjä, nimittäin hekto-wattia ja kilo-wattia, jotka vastaavat 100 eli 1000 wattia.

Se työmäärä, joka sähkölaitoksissa annetaan virrankäyttäjille, lasketaan myös tavallisesti *hekto-watt-tunneissa*.

Jos joku käyttäjä esim. on antanut kaksi hehkulamppua palaa tunnin ajan, on hän, jos kumpainenkin lamppu kuluttaa 50 wattia, käyttänyt $2 \times 50 = 100$ wattia tunnin ajalla, eli yhden hekto-watt-tunnin. Sama työvoima on käytetty myöskin, jos yksi lamppu on palanut kaksi tuntia, neljä lamppua puoli tuntia j. n. e.

Kun nyt jäntevyys niissä lampuissa, jotka saavat virtansa sähkölaitoksista, aina on sama, tavallisesti 110 voltia, niin ei ole tarpeellista mitata kulutettua työmäärää vaan ainoastaan sähkömäärä, joka tässä tapauksessa ilmoitetaan *ampèri-tunneissa*.

Jos virrasta maksetaan 6 penniä hekto-watt-tunnilta ja virran jäntevyys on 110 voltia, niin voi sanoa, että hinta ampèri-tunnilta on 6,6 penniä, ja tässä tapauksessa voi siis yhtä hyvin laskea kulutetun työvoiman hinnan kuin sähkömääränkin.

III

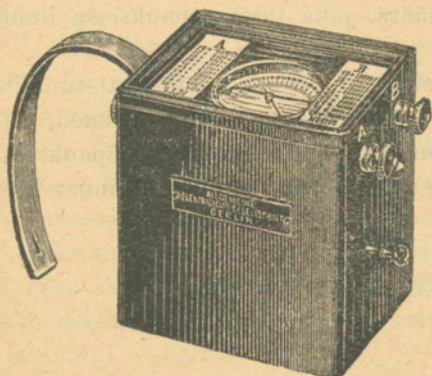
Sähkön mittaus-koneet.

Käytännöllisiin tarkoituksiin tarpeelliset mittaukset supistuvat yleensä Ohmin laissa käytettyjen suuruuksien määrittämiseen. Tavallisesti riittää jo yhdenkin suuruuden määrittäminen, kun kokemuksesta joka eri tapauksessa tiedetään, kuinka suuren sen arvon ylimalkaan tulee olla ja mittaaminen siten supistuu sen tarkastamiseen. Näin on suhde niinhyvin erityisissä vastustusmittauksissa kuin jäntevyyksien ja virranvoiman tarkastamisissakin.

Johtovastustuksen mittaamisessa voi käyttää monta eri tapaa.

Jos käytettävänä on tappi-reostaatti, galvanometri ja pysyväinen virtalähde, niin voi ylimalkaan määrätä vas-

tustuksen siten, että reostaatti kytketään yhteen jaksoon galvanometrini ja virtalähteen kanssa. Kun galvanometrini osottama tulos on nähty, vaihdetaan vastustus reostaattiin, jonka jälkeen vastustus tässä sovitetaan siten, että galvanometri osottaa samaa kuin edellisessä tapauksessakin. Tuntematon vastustus on silloin korvattu yhtä suurella reostaattivastustuksella, jonka määrän voi suorastaan nähdä ja on siis tunnettu.

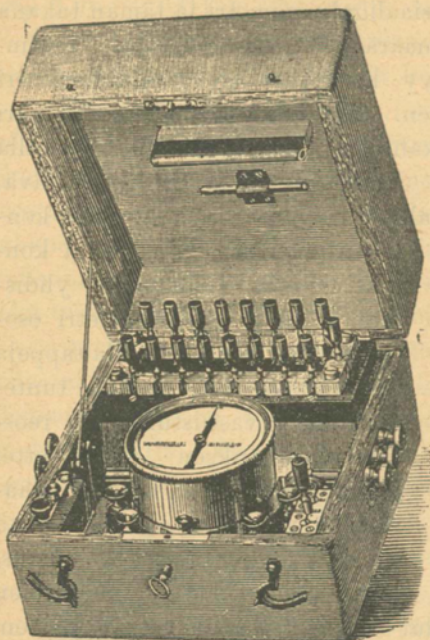


Kuva 11.

Kuva 11 osoittaa konetta, joka on tarkoitettu isolatsioimittauksia varten, ja jota tavallisesti kutsutaan *isolatsioonitarkastajaksi*. Sen perustuksena on yllämainittu periaate. Lasilevyn peittämä puutaatikko sisältää galvanisen patterin, joka on muodostettu 6:sta tahi 24:stä elementistä,

sekä herkän galvanometrini. Jos tahtoo määrätä johdon isolatsioonivastustuksen, yhdistetään koneen vasemman puoleinen puristusruuvi maajohtoon, esim. vesijohtoputkeen ja toinen oikeanpuoleisista, A eli B, tarkastettavaan johtoon. Galvanometri tulee silloin osottamaan suurempaa tahi pienempää virtamäärää, sen mukaan kuin isolatsiooni on huono tahi hyvä s. o. isolatsioonivastustus pieni tahi suuri. Galvanometrini osotuksesta voi sitten lasilevyn alla olevien taulujen mukaan laskea vastustuksen. Nämä taulut, jotka suorastaan ilmoittavat vastustuksen, on saatu siten, että koneeseen on kytketty reostaatti ja eri vastustuksien suhteen merkitty osotus. Kuviossa 11 esitetyllä koneella voidaan, jos käytetään puristusruuvia A, mitata 500 ja 10,000 ohmin ja jos B käytetään 10,000 ja 500,000 ohmin välillä olevia vastustuksia.

Yllä mainittu johtovastustuksien määräämistapa soveltuu ylimalkaan suurten vastustusten määräämiseen, ja voi sitä yleensä käyttää ainoastaan isolatsioonimittauksia varten. Tarkemmissa pienempien vastustuksien mittaamisissa tulee välttämättömästi olla virtalähteen poolijäntevyyden vaihte-



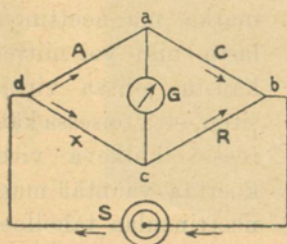
Kuva 12.

luista riippumaton. Se voi tapahtua eri tapoja käyttämällä. Jos laaditaan galvanometri kahdella erityisellä lankakääreellä, joilla on yhtä monta kierrosta ja sama keskimatka magneettineulasta, niin voi niitten kautta johtaa virtaa siten, että toisessa kääreessä kulkeva virta koettaa vääntää magneettineulaa taholleen ja virta toisessa vastaiselle taholle. Kun virrat kummassakin kääreessä ovat tasaväkiiset, poistavat ne siis toistensa vaikutukset magneettineulaan. Täten järjestetty galvanometri on nimeltään *differentiaaligalvanometri*. Jos kumpainenkin johto sopivalla tavalla yhdistetään virtalähteen toiseen pooliin, jonka toinen pooli on yhdistetty sekä tuntemattomaan vastustukseen että reostaattiin, niin saadaan, jos vastustukset toiselta puolen yhdistetään kumpaiseenkin galvanometrijohtoon kaksi virtalähteestä lähtevää virtahaaraa. Toisen virtahaaran muodostaa galvanometrijohto ja tuntematon vastustus, toisen galvanometrijohto ja reostaatti. Jos vastustus jälkimmäisessä asetetaan niin, ettei galvanometri anna mitään osotusta, niin on toisen haaran vastustus yhtä suuri kuin toisen, ja jos galva-

luista riippumaton. Se voi tapahtua eri tapoja käyttämällä. Jos laaditaan galvanometri kahdella erityisellä lankakääreellä, joilla on yhtä monta kierrosta ja sama keskimatka magneettineulasta, niin voi niitten kautta johtaa virtaa siten, että toisessa kääreessä kulkeva virta koettaa vääntää magneettineulaa taholleen ja virta toisessa vastaiselle taholle. Kun virrat kummassakin kääreessä ovat tasaväkiiset, poistavat ne siis

nometrin johtokääreet vastustuksenkin suhteen ovat tasaväkkiset, niin on haettu vastustus yhtä suuri kuin reostaattivastustus.

Kuva 12 kuvaa tämän periaatteen mukaan järjestettyä konetta johtovastustuksien mittaamista varten. Koneen keskessä näkyy differentiaaaligalvanometri ja tämän takana tappi-reostaatti tarkoin määrättyllä vastustuksella. Vasemmassa etukulmassa näkyy kosketus- eli kontakti-vieteri virran yhdistämistä varten. Mittauksissa yhdistetään pari galvaanista elementtiä kahteen vasemmalla ulkosivustalla olevaan kontaktiruuviin. Vastustus, joka on määrättävä, yhdistetään kahteen oikealla ulkosivustalla näkyvistä kontaktiruuveista.



Kuva 13.

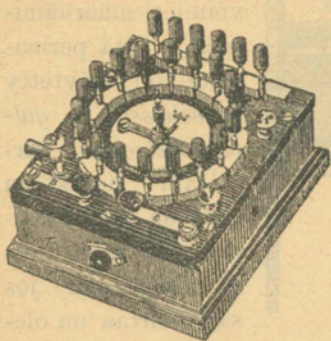
Kun virta kontaktivieteriä painamalla yhdistetään, antaa galvanometri osoituksen mutta poistamalla tappeja reostaatista, voi asettaa tuntemattoman vastustuksen ja reostaattivastustuksen siten, ettei galvanometri osota mitään. Määrättävä vastustus on silloin yhtä suuri kuin reostaatti vastustus, joka saadaan siten, että tappien

poistamisen kautta saadut vastustukset lasketaan yhteen. Tämän koneen on laatinut *L. M. Ericsson*. Viime aikoina on hän kuitenkin siirtynyt toisen periaatteen mukaan laatimaansa järjestelmään kysymyksessä olevaa tarkoitusta varten tehdyille mittakoneille.

Jos neljä vastustusta A , C , X ja R , yhdistetään, kuten kuv. 13 osoittaa, ja pisteitten a :n ja c :n väliin yhdistetään herkkä galvanometri, G , jota paitsi pisteitten d :n ja b :n väliin kytketään virranlähde S , niin muodostaa tämä järjestelmä n. k. *Wheatstonen sillan*. Matemaattisesti voi todistaa, jos neljä vastustusta on siten sovitettu, ettei mikään virta kulje galvanometrissä, että $\frac{A}{C} = \frac{X}{R}$ s. t. s. että A suhteutuu C :hen kuten X R :ään. Jos $A = C$,

niin on myöskin $X = R$. Jos X olisi tuntematon vastustus ja R tappireostaatti, olisi X :n määraamistä varten reostaattiin R sovitettava niin suuri vastustus ettei galvanometri antaisi mitään osotusta; määrättävissä oleva vastustus on silloin $= R$. Muuttamalla vastustuksia A ja C siten että A on 10, 100 tahi 1000 kertaa suurempi eli pienempi kuin C , voi myös määrätä vastustuksia jotka ovat 10, 100 eli 1000 kertaa pienempiä eli suurempia kuin R .

Ericssonin myöhemmin laatima kone vastustusten mittauksia varten, kuva 14, perustuu tähän järjestelmään. Koneen keskellä näkyy galvanometri, sen ympärillä tappireostaatti, vastaava R :ää edellä olevassa kuviossa, sekä sen takana toinen vastustuksia A ja C vastaava reostaatti. Etusivulla näkyy kontaktivieteri B virran yhdistämistä varten sekä toinen vieteri, G , galvanometrin johtokääreitä varten. Vastustusta mitatessa kytketään tämä kahden oikealla puolella näkyvän kontaktiruuvin väliin sekä pari galvaanista elementtiä koneen vasemmalla puolella olevaan kahteen kontaktiruuviin. Sitten pidetään kontaktivieteri B alas painettuna, ja sen ohessa tarkastetaan lyhyeen painamalla



Kuva 14.

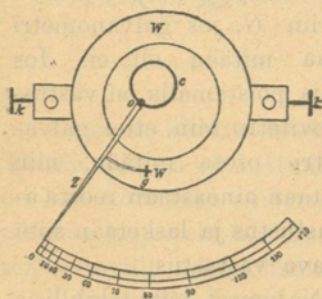
vieteriin G , jos galvanometri osottaa mitään eli ei. Jos tappeja poistamalla on vastustus sovitettu niin, ettei galvanometri osota mitään, niin katsotaan ainoastaan reostatin vastustus ja lasketaan siitä haettava vastustus.

Nekoneet, joita teknillisiä tarpeita varten käytetään osottamaan sähkövirran jännitystä eli virran voimaa, perustuvat

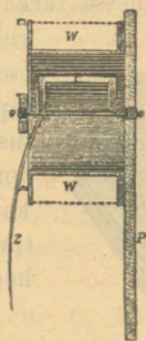
kaikki virtojen keskinäiseen vaikutukseen, virran magneettiseen eli lämpövaikutukseen. Erikoistapauksissa ja enimmäkseen toisten mittauskoneitten koettelemista varten on virranvoiman määräystäkin varten koneita, jotka perustuvat sähkövirran kemialliseen vaikutukseen.

Jos sähkövirta saa kulkea jonkun nesteen, esim. veden läpi, niin hajoittaa se sen alkuosiinsa. Se seos, kahdesta osasta vetykaasua, ja yhdestä osasta happikaasua, joka siinä syntyy, ja joka räjähtävän luonteensa tähden on saanut nimen *räjähdyskaasu*, riippuu aina paljouteensa nähden sen virran vahvuudesta, joka hajaannuksen on aikaansaanut, sekä sen ajan pituudesta, jonka kuluessa hajaannus on tapahtunut. Kun tiedetään yhden ampèren voiman kehittävän $10,5$ kuutiosenttimetriä räjähdyskaasua yhden minuutin kuluessa, niin on selvä mahdollisuus täten määrätä voiman vahvuuksia; tarvitsee ainoastaan minuutin ajalla kehittyneen räjähdyskaasun kuutiosenttimetriluku jakaa luvulla $10,5$ niin saadaan virran vahvuus ampèreissa.

Kuten ennen on kerrottu, vaikuttaa vapaasti liikkuvan magneettineulan kanssa yhtäsuuntainen sähkövirta siten, että neula vääntyy joko toiselle tahi toiselle puolelle, riippuen sähkön johtajan virran suunnasta. Kun magneettineula määrätyissä tapauksissa vääntyy enemmän samassa suhteessa kuin virran voimaa lisätään, niin on tässäkin



Kuva 15.



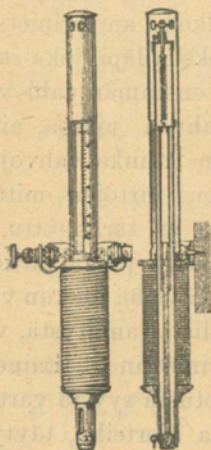
yksi keino virtojen voimien määrittämiseen. Tätä periaatetta on käytetty *bussoleissa* ja *galvanometreissä* verrattain heikkojen virtojen määrittämiseen, eli tarkastaessa ainoastaan jos sähkövirtaa on ole-massakaan.

Vahvojen virtojen mittaamiseen käytetään sitä vastaan ampèrimetriä, joka useimmissa tapauksissa on kokonaan eri periaatteitten mukaan rakennettu.

Kuva 15 osottaa paljon käytetyn *Hummelin* ampèrimetrin rakenteen. Siinä on lankarulla *W* verrattain lyhyt suureen läpimittaansa nähden, ja sen sisässä on helposti liik-

kuvaan akseliin, *o*, kiinnitetty erittäin ohut rautapelti, *C*, tavallisesti putken muotoon väännettynä. Akseliin *o* on kiinnitetty myöskin keveä viisari *z*, jossa on tarkistettava vastapaino, *g*. Kun akseli *o* ei yhdy paremmin lankarullan kuin peltiputkenkaan akseliin, niin vetää virta peltiputkea lankarullan sisäpuolta vastaan sähkövirran vahvuudesta riippuvalla voimalla. Kutta vahvempi virta on, sitä enemmän kääntyy peltiputki vasemmalle puolelle ja viisari näyttää siis suuremman tuloksen asteikolla.

Toinen periaate, johon perustuu monta ampèrimetrin järjestelmää, näkyy kuvassa 16, joka osoittaa sekä kokonaisena että läpileikkauksena *Kohlrauschin* keksimää virtamittaria.



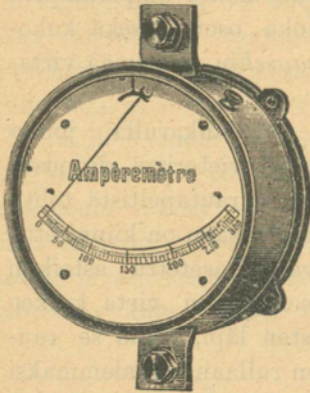
Kuva 16.

Siinä on lankarulla, jonka sisällä on kierrevieterissä riippuva, erittäin ohuesta rautapeltistä tehty putki, jonka yläosaan on kiinnitetty viisari, kuvassa asetettu asteikon nollapisteeseen. Kun virta kulkee lankakierrosten läpi, vetää se rautapeltiputken rullaan sitä alemmaksi kutta vahvempi lankakierroksissa kulkeva virta on. Putki tulee siinä asettumaan sille paikalle, missä virran voima putken alas vetämisessä vastaa kierrevieterin vetämistä ylöspäin.

Monta muutakin ampèrimittarin järjestelmää perustuu virran vetovoimaan ja pituudelleen lankarullassa liikkuvaan rautakeskustaan. Tavallisesti käytetään kuitenkin rautapeltiputken sijassa ainoastaan ohutta rautalankaa, lyhyempi kulmavipusimen haara lankarullassa ja pitempi haara alaspäin riippuvana varustettu tarkistukseen sopivalla vastapainolla. Tuo kulmavipusin on kiinnitetty helposti pyörivään vaakasuoraan akseliin, jossa on myös viisari näyttämässä voiman suuruutta.

Kierrevieterin vetovoiman sijalla on silloin painovoima. Kun virta kulkee lankakierrosten läpi, vetää se nimittäin rautalankaa alaspäin lankarullaan sekä niin pitkälle, että virran vaikutus ja painon voima, pääasiallisesti vastapainoon vaikuttamassa, tarkalleen vastaavat toisiaan eli painavat yhtä paljon.

Tämän periaatteen mukaan laadittuja ovat suureksi osaksi ne ampèrimittarit, joita valmistaa *Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft* Berlinissä (kuva 17).

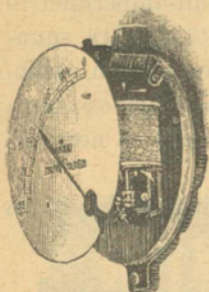


Kuva 17.

Kun ampèrimetrin tarkoituksena on näyttää johdossa kulkevan virran voimaa, niin luonnollisesti tulee koko virran kulkea ampèrimetrin lankakierroksen läpi, joka sentähden on enemmän tahi vähemmän vahvaa johtoa, aina sen mukaan kuinka vahvojen eli heikkojen virtojen mittaukseen kone on tarkoitettu.

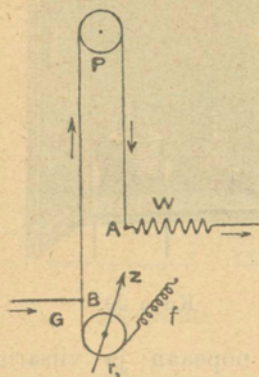
Volttimetri, jonka tarkoituksena on näyttää jonkun virralähteen poolien tahi kahden virran välistä jännitystä, voi rakenteelleen olla täydellisesti ampèrimetrin kaltainen, mutta kun viimeainittu on edellä kerrotusta syystä varustettu vahvalankaisella ja harvalukuisilla kierteillä, täytyy volttimetrin olla kääritty hyvin ohuella, tavallisesti silkikudoksella eristetyllä langalla, ja suurella kierremäärällä. Volttimetrin tulee, voidakseen näyttää jännityksen, olla kytketty suorastaan positiivisen ja negatiivisen johdon väliin, ja kun luonnollisista syistä ei haluta tuhlaa sen lankakierrokseen suurempaa sähkövaikutusta, kuin se, mikä välttämättömästi tarvitaan koneen toimintaan, niin koitetaan rajoittaa virran voima niin vähäiseksi kuin mahdollista. Kuva 18 osottaa volttimetrin sellaisena kun sen saa *Siemens & Halskelta* Berlinistä. Kuten näkyy, on tämä pääasialli-

sesti samallinen kuin edellä kerrottu ampèrimetri, ainoastaan sillä erotuksella että lankakierros tässä on, niinkuin edellä sanottiin, hienoa silkillä päällystettyä kuparilankaa.



Kuva 18.

Volttimetrin laite voi perustua toiseenkin periaatteeseen, nimittäin sähkövirran lämmön vaikutukseen. Jos jotakin kappaletta kuumennetaan, niin se laajenee enemmän tahi vähemmän, riippuen aineen laadusta ja lämpömäärästä. Kuumennettuna pitenee metallilanka jonkun verran, tapahtuipa kuumennus sitten liekissä tahi sähkövirran sen läpi kulkiessa. Langan piteneminen on kuitenkin perin vähäinen langan koko pituuteen verrattuna.



Kuva 19.

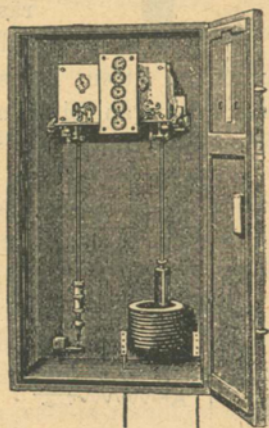
Tähän saakka enin käytetyn, tämän periaatteen mukaan laaditun volttimetrin keksi *Cardew*. Sen järjestelmä näkyy luonnoksena kuvasta 19. Kiinteästä pisteestä *A* käy erittäin ohut platinalanka, jota pitää kireällä pyörien *P:n* ja *r:n* yli kierrevieteri *f*. Virtä johdetaan tähän liikkuvasta pisteestä *B*, kulkee edelleen nuolien suuntaan pisteeseen *A* ja vastustukseen *W*. Virran lämpövaikutus laajentaa platinalankaa, joten pyörä *r* ja samaan akseliin kiinnitetty viisari kierrevieterin *f* vetäessä kääntyy määrättyssä suhteessa sivulle, riippuen virran lämpövaikutuksesta eli, Ohmin lain mukaan, jännityksestä langan loppupisteitten välillä.

Volttimetrillä, joka perustuu virran lämpövaikutukseen, on suurin merkityksensä vaihtovirtojen jäntevyyden mittajana, koska sitä tähän tarkoitukseen voi käyttää paremmin kuin semmoisia, jotka perustuvat magneettiseen vaikutukseen.

Ampèri- ja volttimittarien askelon jakamista varten yhdistetään ne yhdessä normaalikoneen kanssa virtakehään. Edelliset yhdistetään tietysti jaksossa normaali-ampèrimetrin kanssa, jota vastaan volttimittari yhdistetään yhtä suuntaisesti virtalähteen positiivisen ja negatiivisen johdon väliin. Järjestämällä sähkövirtaa voi muuttaa viisarien osoitusta ja, niissä koneissa, jotka ovat askeloitavat, merkitä normaalikonetta vastaavat viivat askeloon.

Sähkömittarit ovat koneita, jotka osoittavat käytetyn sähkömäärän.

Tähän saakka epäilemättä enin käytetyn sähkömittarin on keksinyt *Aron* Berliinissä. Siihen mittariin kuuluu kaksi heilarikelloa, jotka toimivat keskenään yhteisessä viisarikoneistossa. Toisen kellon heilarilla on heilaripainona teräsmagneetti, joka heiluu paksulla kuparilangalla kierretyn rullan päällä, kuten kuva 20 osoittaa, eli kahden sellaisen rullan yläpuolella 21:ssä kuviossa kuvattun n. k. kolmijohtojärjestelmämittarin mukaan. Niin kauan kun virtaa ei kulje mittarissa,



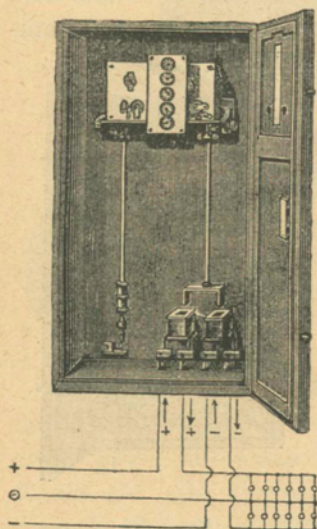
Kuva 20.

heiluvat kumpaisetkin heilarit yhtä nopeaan ja viisarit pysyvät liikkumatta. Jos sitä vastaan virta kulkee magneettiheilarin alla olevassa langassa, kiiruhtaa tämä heilari liikuntoaan aina enemmän virran vaikutuksesta magneettiin, jos nimittäin virta kulkee sellaiseen suuntaan, että se vetää magneettia alaspäin, s. o. vaikuttaa samaan suuntaan kuin painovoima.

Kun tämä kiiruhtaminen on suoranaisesti suhteellinen siihen sähkömäärään, joka virtaa langassa, voi täten mitata käytettyä sähkömäärää. Viisarilaitos järjestää nimittäin heilarien erilaiset liikunnot siten, että ylempi viisari

osoittaa yksiköt, toinen kymmenluvut, kolmas sataluvut j. n. e.

Tavallisesti luetaan viisarilaitoksen osoitus joka 14:s päivä. Lyhentämällä viisarilaitoksen osoituksen edelliseltä kerralta, saadan siis tietää kuinka monta ampèrituntia on käytetty kahden tarkastuksen välillä.



Kuva 21.

Osoitus ei kuitenkaan aina suorastaan ilmoita sähkömäärää, vaan ainoastaan siinä tapauksessa, että mittarin konstantti- eli vakaaviisari osoittaa $= 1$. Jos konstantilla on toinen arvo, on osoitusten eroitus kerrottava sillä, ennenkuin saadaan ampèrituntien määrä.

Näitä mittareita voi käyttää ainoastaan niissä johdoissa, joissa jännite on pysyvä, koska ne siinä tapauksessa, paitsi käytettyjen ampèrituntien määräämistä, tekevät mahdolliseksi käytetyn sähkötyön määräämisen, joka saadaan wattitunneissa kertomalla ampèrituntien luku lamppujännitevolydellä voltissa.

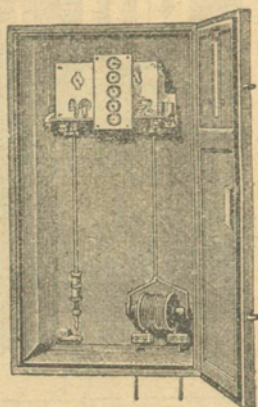
Jos jännite sitä vastaan on vaihteleva, ei niitä voi käyttää, vaan silloin on käytettävä n. k. *wattimittareita* eli oikeammin *wattituntimittareita*.

Sellainen, sekin Aronin laatima, eroaa yllä mainitusta ampèrituntimittarista ainoastaan siten, että magneetin sijasta käytetään messinkihaarukkaa, johon on kiinnitetty erittäin ohuella lankakierroksella varustettu rulla (kuva 22). Tätä rullaa ymyäri toinen, puukuoreen eli kaappiin kiinnitetty rulla, jonka sisällä se voi vapaasti liikkua. Kun kiinnitetty rulla on varustettu paksulla lankakierroksella pää-

virtaa varten (vastaava ampèrimetrin lankaa) ja kun liikkuva rulla on kytketty johtojen *väliin* (kuten volttimetri), tulee, näitten lankojen virtojen molemminpuolisesta vaikutuksesta, oikea heilari (katso kuv.) kiirehtimään liikuntoaan ja viisarilaitos liikkumaan suhteellisesti *virranvoimaan* $\times$ *jäntevyyss* $\times$ *aikaan* eli käytettyjen *wattituntien* lukuun.

Useat wattimittarit perustuvat myös „moottoriperiaatteeseen“, s. o. ne pidetään liikkeessä samalla tavalla kuin elektromoottori *) molemminpuolisesta vaikutuksesta kiinnitetyn ja liikkuvaan lankakierroksen virtojen välillä. Tavallisesti saa näissä päävirta kulkea parin liikkumattoman, paksulla langalla „ampèrikierroksella“ varustetun rullan läpi, samalla kuin näitten välissä liikkuva ohutlankainen kierros on kytkettynä, kuten volttimetrikierros, virtalähteestä tulevien johtojen väliin. Kun sitä paitsi akseli, joka kannattaa liikkuvaa lankakierrosta, on varustettu sellaisella jarrulaitoksella, että se aikayksikön kuluessa pyörii navoissaan jonkun määrän kierroksia, joka riippuu virranvoima $\times$ jäntevyydestä, niin osoittaa tähän akseliin välityslaitoksella yhdistetty viisarilaitos käytettyjen wattituntien lukumäärän.

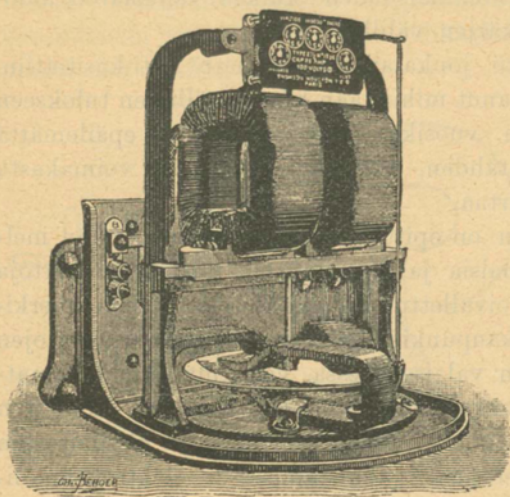
Kuv. 23 näyttää sellaista *E. Thomsonin* keksimää wattimetriä. Ylimpänä kuviossa näkyy viisarilaitos, joka ilmoittaa käytetyn sähkötyön hekto-watti-tunneissa. Tämän alapuolella on kaksi paksua rengasta, jotka muodostavat liikkumattoman ampèrikääreen, jonka sisällä kohtisuorassa akselissa on pieni rumpuinduktori kollektorineen. Tämä induktori on harjoilla ja suurella ylimääräisellä vastuksella



Kuva 22.

*) Katso selontekoa dynamokoneista ja elektromoottoreista.

kytketty positiivisen ja negatiivisen johdon väliin volttimetriksi. Induktoriakselissa, joka yläpäässään olevan ruuvikierteen avulla käyttää viisarilaitosta, on alapäässä



Kuva 23.

della, liikkuu nyt aivan hitaasti, joten tapit ja kollektori eivät pääse kulumaan. Laitoksesta on sitäpaitsi vielä se tärkeä etu, että kierrosluku on suorastaan suhteellinen virrassa käytettyyn sähkötyöhön.

ohut kolmen teräsmagneetin väliin siten asetettu kuparilevy, että se helposti voi pyöriä niitten poolien välissä.

Levyn pyöriessä magneettipoolien välissä syntyy sähkövirtoja, jotka vastustavat sen liikuntaa. Induktori, joka ilman tätä jarrua pyörii suurella nopeu-

IV

Dynamosähkökoneita.

Yhtä vähän kuin ne tiedemiehet, jotka ovat ottaneet työkseen sähkön salaisuuksien tutkimiseen, ovat voineet aavistaa kuinka suuremmoisiin tuloksiin, heidän keksintönsä kerran johtavat, yhtä vähän voimme me mielessämme kuvi-

tella sitä ajatustyön paljoutta, joka on uhrattu näitten keksintöjen kehittämiseen ihmiskunnalle hyödyllisiksi.

Jo vuosisatamme alussa keksi englantilainen tiedemies *Davy* säkkövirran ominaisuuden kulkea valokaaren muodossa kahden hiilikärjen välillä.

Tämä keksintö, jonka arvo epäilemättä heti käsitettiin, ei kuitenkaan johtanut mihinkään käytännölliseen tulokseen ennenkuin useitten vuosikymmenien kuluttua, epäilemättä suureksi osaksi sentähden, ettei saatu tarpeeksi voimakasta ja tasaista sähkövirtaa.

Nykyään, kun on opittu *koneellisesti* kehittämään melkein pä minkä voimaisia ja jäntevyysmääräisiä sähkövirtoja tahansa, on myös oivallettu niitten käytännöllinen merkitys, ei ainoastaan kaupunkien katujen, yksityisten asuntojen ja liikehuoneustojen valaisemisessa, vaan myöskin lukemattomien muitten tarkoitusten suhteen, niinkuin koneitten käyttämisessä, rautatien junien, veneitten ja hissilaitosten kuljettamisessa, metallien valmistamisessa, elektrokemiallisissa tarkoituksissa j. n. e.

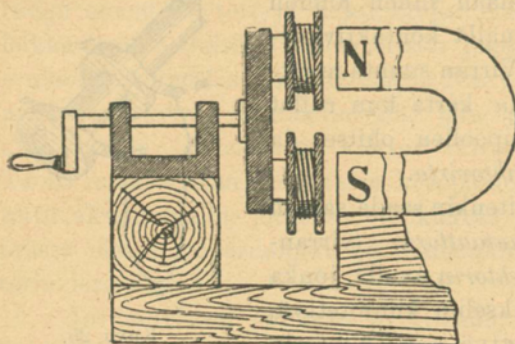
Tämän laajan alan sähkövirran käyttämiselle on avannut dynamosähkökoneen keksiminen.

Aina siitä saakka kun *Faraday* kolmannella vuosikymmenellä todisti mahdolliseksi kehittää sähkövirtaa magneettien avulla koneellisesti, on tämän kysymyksen ratkaisemiseksi innolla työskennelty.

Edellä on jo mainittu miten lankakääreessä voi synnyttää sähkövirtoja muuttamalla sen magneettialueen voimaa, jonka lankakääre ympäröi. Galvaanisessa induktioonikoneessa eli transformaattorissa aikaansaadaan nämä muutokset magneettialueen voimassa primäärivirran muutoksien avulla.

On kuitenkin olemassa useita muita keinoja, joitten avulla voi synnyttää magneettialueita ja muuttaa niitten voimaa. Jos lankarullaan pistetään magneettisauva, niin ympäröivät lankakääreet magneetti-alueen. Jos magneettia siirretään päittäin, niin on magneettialueen voima rullan

sisässä muuttunut, ja seurauksena tästä on, että lankakääreessä syntyy sähkömotoerinen voima, joka pysyväisyyteensä ja voimaansa nähden vastaa magneettialueen muutoksia. Lakkaamattomalla magneettisauvan liikuttamisella edestakaisin voi siis synnyttää sähkövirtoja, n. k. *magneettosähköisiä induktioonivirtoja*.



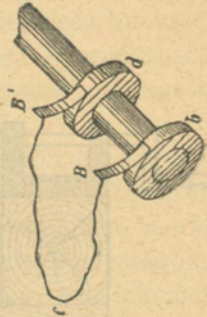
Kuva 24.

Tällaiseen rullaan asetetturautasisus, jonka päät pistävät rullasta esiin, käy myös magneettiseksi, jos magneetti siihen koskee taikka asetetaan ainoastaan sen läheisyyteen.

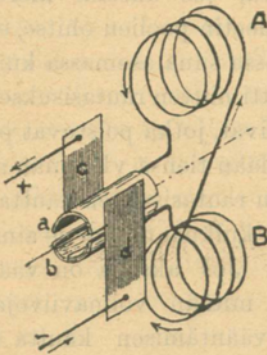
Jos akselin toiseen päähän kiinnitetään poikkirauta sekä siihen kaksi rautasisuksella varustettua lankarullaa, (kuv. 24,) niin syntyy rullien lankakierroksissa, jos akselia kiertämällä rullat saatetaan kulkemaan magneetin poolien ohitse, elektromotoorisia, voimia. Rullien ollessa siinä asemassa kuin kuva 24 osoittaa, saattaa teräsmagneetti niitten rautasisukset magneettiseksi. Siitä johtuvat voimaviivat, jotka poistuvat pohjoispoolin kautta, suuntaavat mielellään tiensä ylemmän rautasisuksen, poikkiraudan ja alemman rautasisuksen kautta takaisin magneettiin, jossa ne jatkavat kulkuaan, kun ne aina muodostavat suljettuja koukeroita. Jos akselia on väännetty neljännesosa kierrosta, niin ei mitään voimaviivoja kulje rullien läpi, mutta jatkuvan vääntämisen kautta kasvaa niitten luku siihen saakka, kun rullat tulevat magneettipoolien kohdalle, jonka jälkeen väheneminen jälleen alkaa j. n. e.

Lanka kierroksien induseerattua voimaa voi käyttää, jos akseliin asetetaan kaksi siitä eristettyä metallirengasta *b*, *d*, (kuv. 25). Näitten kanssa alituudessa yhteydessä ovat metallivierit *B*, *B*. Jos kumpaisetkin lankarullat kierroksineen ovat yhdistetyt sekä keskenään että *laahausrenkaitten* kanssa siten, että ne toimivat yhdessä, niin saadaan siihen johdon *c*, kautta yhdistämällä kontaktiviereitä sähkövirta. Virran suunta muuttuu kuitenkin joka kerta kun rullat kulkevat magneettipoolien ohitse, ja ja virta on siis *vaihtovirta*.

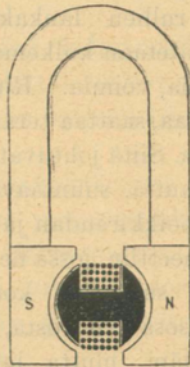
Tämän voi kuitenkin saada saman suuntaiseksi *kommutaattorin* (virran-kääntäjän) eli *kollektorin* avulla, jonka muodostaa kaksi akseliin kiinnitettyä, mutta siitä eristettyä puolisolinterin muotoista metallilevyä tahi lamellia, jotka ovat yhdistetyt lankakierroksiin kuten kuva 26 osoittaa. Metalli-



Kuva 25.



Kuva 26.



Kuva 27.

vierit eli *harjat* *c* ja *d* yhdistyvät vuorotellen toiseen tahi toiseen lamelliin. Kun lankakierroksissa kulkevan virran suunta vaihtuu samalla kuin harjat vaihtavat lamelleja,

kulkevat ulkopuolisen virtakehän virrat aina samaan suuntaan.

Vanhemmissa magneetti-sähkökoneissa syntyy virta induktorissa, joka pääasiassa vastaa yllä kerrottua.

V. 1857 laati *Verner von Siemens* Berliinissä n. k. silinteri-induktorin, joka ominaisuuksiinsa nähden oli paljon parempi ennen käytettyjä induktoreja. Kuva 27 näyttää läpileikkauksen sellaisesta induktorista, joka on asetettu hevoskenkämagneetin poolien, S:n ja N:n väliin. Mustaksi painettu osa kuvaa rautasilinteriä, jota pitkin kulkee kaksi uraa, joihin on asetettu kierros eristettyä kuparilankaa. Täten muodostetun induktorin kumpainenkin pää on varustettu akselinavalla, joten se voi kiertää ympäri. Silinterin urassa olevan kuparilangan kumpainenkin pää yhtyy kollektorin lamelleihin.

Jos induktori pannaan pyörimään, niin vaihtelee lankakierroksen ympäröimä magneettialue lakkaamatta. Kun induktori on kuviossa oletetussa asemassa, kulkevat voimaviivat magneetin pohoispuolisesta induktorin oikeanpuoliseen osaan ja jatkavat kulkuaan lankakierroksen ympäröimän osan kautta induktorin vasempaan osaan ja sieltä magneetin eteläpooliin. Jos induktori kierretään neljäsosa kierrosta, on selvää, ettei voimaviivoja kulje lankakierroksissa. Vääntämistä jatkaessa lisääntyy lankakierroksen ympäröimien voimaviivojen luku, mutta ne kulkevat nyt lankakierroksen läpi vastaiseen suuntaan syystä, että induktorin ennen vasemmalla puolella oleva sivu nyt on kulkenut oikealle puolelle. Näitten magnetismin muutoksien kautta lankakierroksen ympäröimässä rautasisuksessa, syntyy lankakierroksessa elektromotoorisia voimia, jonka johdosta kollektorilamellien välissä syntyy jännitevyys. *) Jos kollektoriin asetetaan kaksi

*) Elektromotoorisen voiman syntymisen voi selittää myös sillä perusteella, että lankakierros pyöriessään ympäri leikkaa voimaviivat, ja siitä käy myös selville missä lankakierroksen asennoissa suurin ja pienin voima syntyy. Yllä oleva selitys lieene tässä kuitenkin sopivampi, koska se soveltuu sekä transformaattoreihin että induktoreihin.

harjaa, jotka johto yhdistää, niin syntyy tässä johdossa samaan suuntaan kulkeva tykkivä virta, joka ei virtaa yhtämittaa vaan tykkimällä virtakehyksen läpi. Muutamissa tapauksissa on varsin tärkeää ottaa selville, mihin suuntaan virta induktorin lankakierroksessa kulkee. Sen voi myös helposti tehdä seuraavan säännön avulla: *Jos lankakierrosta katsellaan magneetin pohjoispoolista ja kierroksen ympäröimä voimaviivaluku väkenee, niin kulkee virta samaan suuntaan kuin kellon viisarit; jos voimaviivain luku lisääntyy, kulkee virta vastaiseen suuntaan.* Tässä huomaa myös, että elektromotoorinen voima on nollassa kierroksen ollessa sellaisessa asennossa, että se ympäröi suurimman luvun voimaviivoja, ja että se on suurin, kun voimaviivojen luku on nollassa.

Niinkauvan kuin ei ymmärretty käyttää elektromagneetteja teräsmagneettien siasta, ei kuitenkaan ollut mahdollista täten synnyttää mitään suurempivoimaisia sähkövirtoja. Siemensin vuonna 1867 keksimän *dynamoperiaatteen* kautta astui tämäkin kysymys suuren askeleen ratkaisuaan kohti. Jos ylläselitetystä magneettisähkökoneesta teräsmagneetin sijasta käytetään elektromagneettia ja sen lankakierros yhdistetään kahdella johtolangalla kumpaiseenkin kommutaattoriharjaan, niin on siten saatu *dynamosähkökone*.

Siemens huomasi näet täten laaditussa koneessa, että elektromagneetin rautasisuksessa, kun se kerran on magnetiseerattu, pysyy niin paljon magnetismia, että se voi induktorissa, tämän kiertämisen kautta, synnyttää elektromotoorisen voiman, vaikkakin tosin hyvin heikon. Tämä synnyttää vuorostaan heikon virran, joka kulkee elektromagneetin lankakierroksessa, joten elektromagneetin magnetismi jossain määrin vahvistuu. Mutta samalla kun magnetismi vahvistuu, lisääntyy myös elektromotoorinen voima induktorissa, siis myös virranvoima elektromagneettikierroksessa. Tällä tavoin voimistavat magnetismi ja virran voima toinen toistaan määrättyyn rajaan saakka.

Yhdistämällä toisen harjan ja elektromagneettikierroksen väliin suoranaisen johtolangan sijasta ulkopuolisen vir-

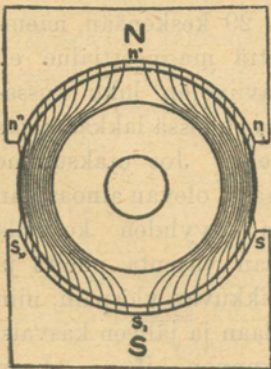
takehyksen, voi siinä käyttää hyväkseen dynamokoneen avulla synnytettyä virtaa.

Vaikkakin dynamokone tässä asussaan epäilemättä synnytti keksijässään suuria toiveita, osottautui se kuitenkin kohta sangen vaillinaiseksi. Suurena vikana voi pitää elektromagneettien rautasisusten kuumentumista magnetismin pikaisen vaihtamisen tähden, riippuva siitä että virta oli tykkivä, ja vahingollisten virtojen syntymistä induktorissa. Sentähden täytyi niitä voimakkaita koneita, joita sähkövaloa varten rakennettiin, alituisen jäähdyttää kylmällä vedellä, etteivät vikaantuisi kovasta kuumuudesta.

Kunnia dynamokoneen ja erittäinkin sen induktorin täydentämisestä niin, että konetta voi käytännöllisiin tarpeisiin käyttää, on epäilemättä belgialaisen *Grammen*, joka siihen aikaan työskenteli mallien veistäjänä eräässä yhtiössä, joka valmisti muutamanlaisia sähkökoneita, n. k. allianssikoneita.

Grammen keksimällä *rengasinduktorilla* on se pääominaisuus, että se, päinvastoin kuin edellä kerrotut, synnyttää tasaisen virran, joten ne suuret tappiot, joita vanhempain koneitten käyttäminen tuotti koneosien kuumentumisen tähden, voitiin välttää.

Selittääksemme miten Grammen rengasinduktori vai-



Kuva 28.

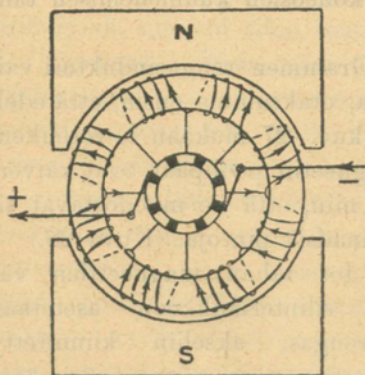
kuttaa, otaksumme ensin, että edellisen kuv. 27 mukaan hevosenkämagneetin poolipäät ovat kaiverretut niin, että ne muodostavat silinterimäisiä pintoja. (Kuva 28.)

Jos tähän magneettien väliseen silinteriaukkoon asetetaan rautarengas, akseliin kiinnitetty niin, että sen voi panna pyörimään, niin vastaa tämä rautasisustaa Grammen rengasinduktorissa. Kun sellainen rautamäärä kiertäessään aina kuumenee sentähden, että siinä

syntyy sähkövirtoja, ei sitä valmisteta vahvasta raudasta, vaan joko rautalangasta, kuten ensimmäisissä koneissa, taikka kuten myöhemmissä, toisistaan sähköisesti eristetyistä rautalevyistä.

Ne käyräviivat, jotka kuviossa 28 on vedetty poolipintojen, n, n_1, n_2 , ja s, s_1, s_2 , väliin osottavat suunnan, johon magneettinen voima vaikuttaa. Useimmat näistä *voimaviivoista* kulkevat rautarenkaan kautta toisesta poolipinnasta toiseen huolimatta siitä, pyöriikö rengas tahi ei. Kuten näkyy, on voimaviivojen luku renkaassa suurin oikealla ja vasemmalla puolella; ylä- ja alapuolella ei sitävastaan muutamassa paikassa ole lainkaan voimaviivoja. Grammen induktorin lankakierros ja muu järjestely näkyy kuviossa 29. Rengasmaisen induktorisustan ympärille on kierretty eristetyistä kuparilangasta määrätty luku vyyhtiä, jotka toisissaan kiinni riippuen muodostavat suljetun metallisen johdon. Kahden lähekkäisen vyyhden yhdyskohdista kulkee yhdyslankoja vastaaviin, toisistaan eristettyihin lamelleihin induktorin kanssa samaan akseliin kiinnitetyssä kollektorissa. Kumpaisellakin puolella kollektoria vastatusten laahaa sen

pyöriessä kaksi harjaa virran kokoamista ja johtamista varten ulkopuoliseen virtakehään.



Kuva 29.

Jos vertaamme kuvioita 28 ja 29 keskenään, näemme että magneettialue eli voimaviivojen luku kussakin vyyhdessä lakkaamatta vaihtelee. Jos otaksumme renkaassa olevan ainoastaan yhden vyyhden keskellä renkaan vasenta puolta ja sen liikkuvan ylöspäin, niin

väheneisi voimaviivojen luku siinä nollaan ja jälleen kasvaisi suurimpaan määräänsä jatkuvan liikunnan aikana oikean sivun keskipaikoille, sitten väheneisi nollaan ja kasvaisi jälleen

korkeimpaan määräänsä lähtöpaikassa. Jos vyyhti muodostaisi suljetun johdon, syntyisi siinä, sen mukaan kuin edellä on kerrottu, sähkövirta, joka muuttaisi suuntaansa renkaan oikean ja vasemman sivun keskipaikoilla. Jos renkaassa, kuten kuv. 29 osoittaa, olisi useita keskenään yhteydessä olevia vyyhtiä, niin näemme, että ne toimisivat yhdessä, seikka jonka huomaamme, jos tutkimme kumpaakin renkaan puoliskoa virran suuntiin nähden.

Näemme silloin, että virta yläpuoliskossa kulkee oikeanpuolisesta harjasta sekä on samansuuntainen kaikissa vyyhdeissä aina siihen harjaan saakka, joka on kollektorin vasemmalla puolella. Samalla tavalla kulkevat virrat renkaan alaosassakin, niin että ne kumpaisessakin puoliskossa virtaavat oikeanpuolisesta (negatiivisesta) harjasta ja kohtaavat toisensa vasemman (positiivisen) harjan luona, josta ne siten kulkevat ulkopuoliseen virtakehään. Virran jako induktorissa vastaa siis lähinnä kahta yhtäsuuntaisesti kytkettyä patteria, joissa kukin elementti vastaa yhtä lankakierrosta tahi yhtä lankavyyhtiä induktorissa.

Elektromotoorinen voima kussakin vyyhdessä on suurin renkaan puoliskojen keskipaikoissa, mutta heikkenee molempiin päihin päin niin, että se *neutraaliasennossa* eli harjojen kohdalla on nollassa.

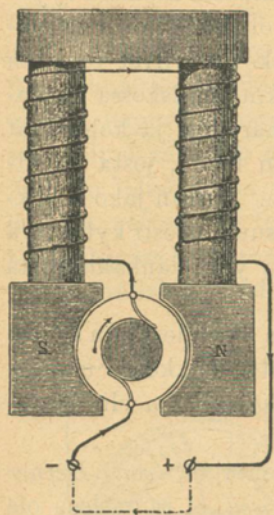
Siemens & Halsken koneenrakentajan, *von Hefner Alteneckin*, keksimässä *rumpuinduktorissa* ei rautasisus ole renkaan muotoinen vaan silinterimäinen ja muodostavat sen induktorin akselissa olevat ohuet rautalevyt eristävine välineen. Tälle silinterille on lankakierros asetettu vyyhdeille, yhtä suuntaisesti akselin kanssa ja siten asetetut että ne peittävät induktorin koko pinnan.

Koko lankakierros on metallisesti yhtäjaksoinen ja vyyhtien yhtymiskohdissa yhdistetty kollektorilamelleihin samalla tavalla kuin rengasinduktorissa.

Kuten ennen on mainittu, perustuu dynamokoneen toiminta elektromagnetismin ja elektromotoorisen voiman molemmanpuoliseen vahvistamiseen siten, että se virta

jonka synnyttää induktorin pyöriminen, saa kulkea elektromagneetin lankakierroksen läpi. Luonnollisesti saa kuitenkin ainoastaan vähemmän osan kehitettyä sähkötyötä käyttää magneetikierrokseen, kun suurin osa on käytettävä ulkopuoliseen virtakehään, kaari- ja hehkulamppujen syöttämiseen tahi muuhun tarkoitukseen.

Elektromagneettien magnetiserauksessa on pääasiallisesti kolme tapaa. Joko annetaan kaiken induktorin kehittämän virran mennä elektromagneetikierroksen läpi,



Kuva 30.

jossa tapauksessa konetta kutsutaan *sarjakoneeksi*, eli voidaan myöskin laatia elektromagneettiin ohut, monikierteinen lankakierros ja antaa tämän *shunt*-kierroksen *) läpi kulkea ainoastaan rähäisen osan virtaa, jossa tapauksessa konetta kutsutaan *shuntkoneeksi*.

Sarjakonetta käytetään silloin, kun vaaditaan *pysyväistä virranvoimaa*, kun esim. suurempi määrä kaarilamppuja on yhtäaikaan valaistamassa. Induktori, elektromagneetikierros ja ulkopuolinen johto (kuva 30) ovat silloin peräkkäin yhdistettyinä niin, että sama virranvoima, joka kulkee yhden virtakehän osan

läpi, kulkee sen toistenkin osain läpi.

Shuntkonetta käytetään sitävästoin silloin, kun tarvitaan *pysyväistä jännitystä*, niinkuin yhtäsuuntaisjärjestelmän mukaisissa valaistuslaitoksissa, joissa kaikkia lampuja ei tarvitse samalla kertaa valaista. Elektromagneetikierros ja ulkopuolinen virtakehä muodostavat siinä haarojohtoja induktoriin (kuva 31) niin, että suurin osa virtaa menee ulkopuoliseen kehään jos lamput ovat „auki“ (sytytettyinä,) kun samalla ainoastaan vähäinen osa virtaa menee magneetikierroksen läpi.

*) *shunt*- sivujohto.

Vielä on kolmaskin laji koneita, nimittäin *compoundkone*, joka on sarja- ja shuntkoneen yhdistys siinä, että elektromagneettikierron on kahdessa osassa, jotka ovat ohut, monikierteinen lankakierros, *shuntkierros*, sekä vahva harvakierteinen kierros, *sarja-kierros*, johon ulkopuolinen virtakehä on yhdistetty.

Tämä kone voi, jos sen kierrokset ovat oikein sovitetut, antaa muutteluvan virranvoiman ohessa *pysyväsien jännityksen* vielä suuremmassa määrässä kuin shuntkone.

Näistä koneista käytetään nykyään melkeen yksinomaan shuntkonetta niin hyvin suurissa kuin pienemmissäkin sähkölaitoksissa valaistusta tahi muuta tarvetta varten, kun pysyväistä jännitystä vaaditaan.

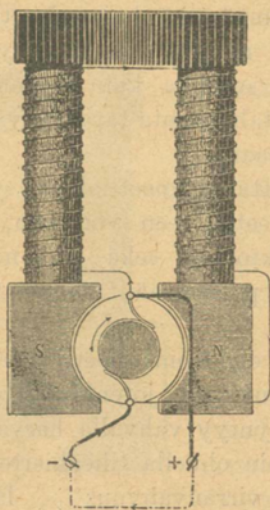
Induktorin pyörimisen kautta magneettialaan syntynyt jännitys riippuu aina magneettialueen voimasta, lankakierrosten lukumäärästä induktorissa sekä siitä nopeudesta, mikä näillä kääreillä on pyöriessään magneettialueessa.

Magneettialueen voima on elektromagneettien rautamäärän paljouden ja laadun mukaan jotenkin tietty ja yhtä voimakas magneettialue syntyy vahvalla harvakierteisellä magneettikierroksella, kuin ohuella tiheäkierteisellä lankakierroksellakin, kun vaan virranvahvuus $\times$ lankakierteitten lukumäärä eli ampèrikierteitten lukumäärä kummassakin tapauksessa on sama. Lisäämällä tahi vähentämällä magneettikierron virranvoimaa, tulee myöskin ampèrikierteitten lukumäärä joko lisääntymään tahi vähemmään, jonka johdosta taasen magneettialue tulee vahvemmaksi tahi heikommaksi. Tätä tapaa käytetään shunt- ja compoundkoneissa jännityksen järjestämiseksi seisovaan arvoonsa, sekä silloin, kun virran voima on vähäinen, että koneen työskennellessä täydellä voimalla, s. o. kun suurin luvallinen virranvoima on saavutettu.

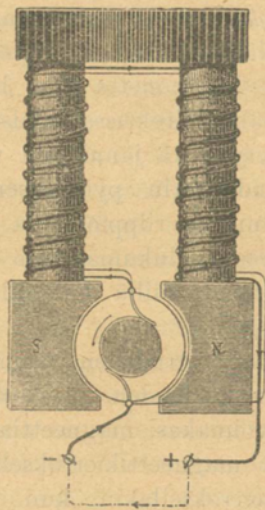
Korkein virranvoima, minkä dynamokoneella voi saavuttaa, riippuu pääasiallisesti induktorin lankakierteen vahvuudesta, sillä jos, tähän verrattuna, virta on kovin voima-

kas, voi induktori kuumentua ⁴⁸niin, että se siitä vahingoittuu. Muutamissa koneissa syntyy sitäpaitsi suurella voimalla työskennellessä harjoissa niin paljon säkeniä, että niinhysin harjat kuin kollektorikin vahingoittuisivat, jos virranvoimaa vielä lisättäisiin.

Kun siis jäntevyys riippuu induktorin lankakierteitten lukumäärästä ja korkeimman virranvahvuuden määrää lan-



Kuva 31.



Kuva 32.

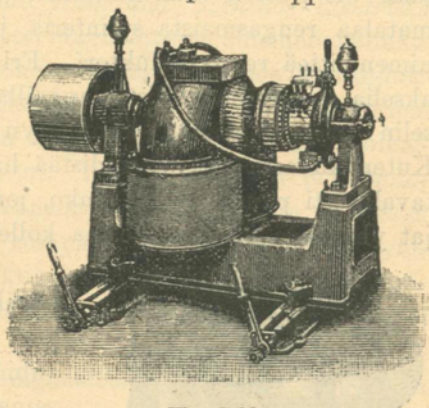
gan vahvuus, on sentähden sellaisissa koneissa, joilta vaaditaan vähäistä jännitystä ja suurta virranvoimaa, kuten koneilta galvanoplastisiin tarkoituksiin, vähä, harvakierteinen induktori kierros, samalla kun sellaisissa koneissa, joilta vaaditaan korkea jännitys ja verrattain vähäinen virranvoima, on ohuempi, tiheäkierteinen lankakierros.

Lukemattomissa eri dynamokoneraakenteissa, joita viime vuosikymmenellä on ilmestynyt, on käytetty joko Grommen rengasinduktori tahi von Heffner Alteneekin rumpuinduktori jotenkin muuttamattomina.

Eri rakenteet eroavat toisistaan pääasiallisesti siinä, millä tavalla niissä kulloinkin, riippuen käytettyjen sähkömagneettien muodosta ja järjestelystä, aikaansaadaan vaikutusvoimaisin magneettinen alue.

Kolmessa viimeisessä kuvassa näemme Edisonin koneissa käytettyjen sähkömagneettien muodon. Tämmöiseen sähkömagneettiin kuuluu kaksi pyöreätä takorautaista sydäntä ja niitten ympäri asetetut lankakierrokset, jotka ovat niin järjestetyt, että virta niissä kulkiessaan synnyttää kummankin rautasydämen alapäähän erinimisen poolin, toiseen pohjois- ja toiseen eteläpoolin. Nämät rautasydämet ovat sitäpaitsi varustetut takorautaisilla *poolikappaleilla*, joitten välissä on sylinterimäinen aukko, joka läpimitaltaan on vähän suurempi kuin koneeseen kuuluvan induktorin läpimitta. Rautasydänten yläpääät ovat yhdistetyt toisiinsa niihin lujasti kiinnitetyllä takorautaisella poikkikappaleella.

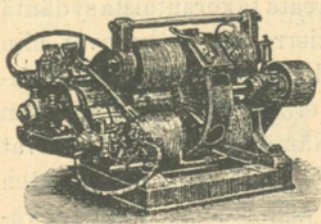
Virran rautasydämissä synnyttämä magneettinen voima johtuu täten melkein täydellisesti poolikappaleitten välissä pyörivän induktorin rautaisen sydämen läpi ja tulee niinmuodoin tällä tavalla käytetyksi virran kehittämiseen.



Kuva 33.

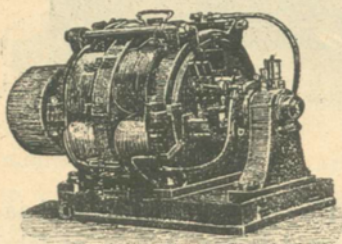
Siemens & Halsken n. k. *H-koneessa* (kuva 33) ovat sähkömagneetin haarat valuraudasta ja valetut koneen jalustan kanssa yhdeksi kappaleeksi. Yläpäistään ne ovat ulkopuolelta pyöristetyt. Niitten toisiaan vastaan käännettyt päät ovat taasen sisäpuoleltaan sellaiset, että ne kummaltakin puolen ympäröivät näissä koneissa käytettävää rumpuinduktoria hyvin pienellä etäisyydellä siitä.

Nürnbergiläisen toiminimen *Schuckertin* rakentamassa dynamokoneessa, joka nähdään kuvasta 34, ovat siinä käytettyjen 4 sähkömagneetin sydämet takoraudasta sekä kiinnitetyt koneen päätykappaleisiin, niin että kaksi on induktoriakselin ylä- ja molemmat muut sen alapuolella. Sähkömagneettien lankakierrokset järjestetään tässä koneessa



Kuva 34.

niin, että niissä kulkeva virta synnyttää samannimiset poolit kahden vastapäätä toisiaan olevan magneetin päähän, jolloin molempiin muihin syntyy keskenään niinikään samannimiset, mutta molempiin toisiin nähden erinimiset poolit. Induktorina on Grammen rengas, joka ei kuitenkaan muodoltaan akselin suuntaan ole pyöreä vaan litteä, joten se hieman muistuttaa matalaa rengasmaista sylinteriä, josta syystä se on saanut nimen litteä rengasinduktori. Eri lankavyhdet ovat pitkin akselia asetetuilla yhdistyslangoilla johtavasti yhdistetyt akselin toiseen päähän kiinnitetyn kollektorin lamelleihin. Kuten kuvasta näkyy, yhdistää harjoja eristävästä aineesta, tavallisesti puusta tehty tanko, jonka avulla molemmat harjat yht'aikaa voidaan nostaa kollektorista.



Kuva 35.

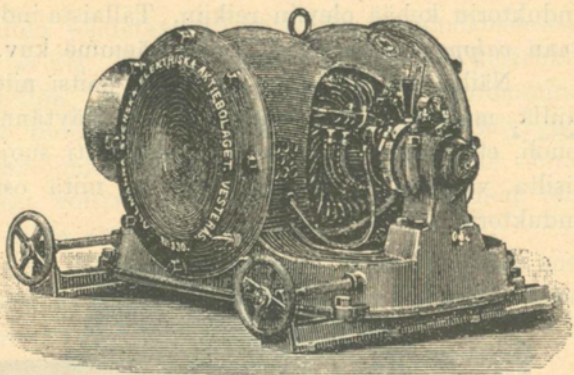
Kuva 35 näyttää meille niinikään Schuckertin suurempaa voiman tarvetta varten valmistaman, pääasiallisesti samalla tavalla järjestetyn dynamokoneen.

Siinä on 8 sähkömagneettia, joista neljä on ruuveilla kiinnitetty koneen kum-

paankin päätykappaleeseen.

Samoin kuin edellämainitussa koneessa, ovat tässäkin toisiaan vastapäätä olevat magneettipoolit samannimisiä, näitten kummallakin puolen olevat sitävastoin erinimisiä.

Magneettinen alue on siis tässä koneessa nelipoolinen, se on, siinä on kaksi pohjois- ja kaksi eteläpoolia, joista kumman-



Kuva 36.

kin synnyttää neljä induktorin eri puolella olevaa poolikappaletta.

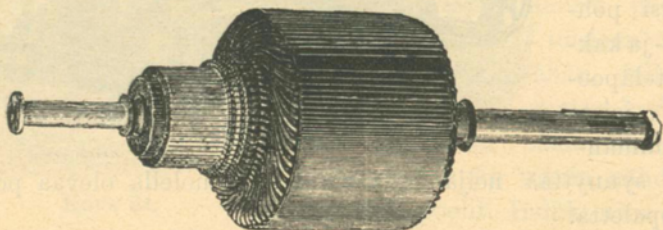
Myöskin *J. Wenströmin* keksimässä dynamokoneessa, joita valmistaa toiminimi *Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget* Westeråsissa, on magneettinen alue nelipoolinen.

Sekä magneettikierroksia rautasydämineen että induktoria ympäröi poikkileikkaukseltaan soikea valurautainen vaippa (kuva 36). Tämän vaipan sisälle ovat näet molemmat sähkömagneetit asetetut. Näiden ulkopäät ovat muodostetut jonkinmoisiksi kansiksi vaipan päihin ja siihen ruuvipulteilla kiinnitetyt. Sisäpäätt taasen, samoin kuin ympäröivän rautavaipan keskukohdan ylä- ja alaosat, ympäröivät kukin osaltaan induktoria, ollen siitä hyvin pienen välimatkan päässä. Jos nyt virta sähkömagneettikierroksissa kulkee siten, että magneettien molemmat induktorin puoliset päät tulevat samannimisiksi, esim. pohjoispooleiksi, niin täytyy vaipan yllämainittujen ylä- ja alaosien sisäpinnat muodostua eteläpooleiksi. Induktorin pyöriessä vaikuttaa siis siihen kaksi pohjois- ja kaksi eteläpoolia, jotka jälkimmäiset ovat kohtisuorassa edellisten suuntaa vastaan.

Myöskin induktori eroaa rakenteeltaan huomattavasti tavallisesti käytetyistä siinä, että sen lankavyhdet eivät ole itse rautasydämen päällä, vaan ovat sovitettut lähellä

induktorin kehää oleviin reikiin. Tällaista induktoria kutsutaan *vaippainduktoriksi*,*) jonka näemme kuv. 37.

Näillä induktoreilla on vielä, paitsi niitä etuja, mitä niillä magneettisessa suhteessa on, käytännössä se hyvä puoli, että lankavyhdit ovat täydellisesti suojatut ulkopuolisilta vammoilta, lukuunottamatta niitä osia, jotka ovat induktorin päissä.



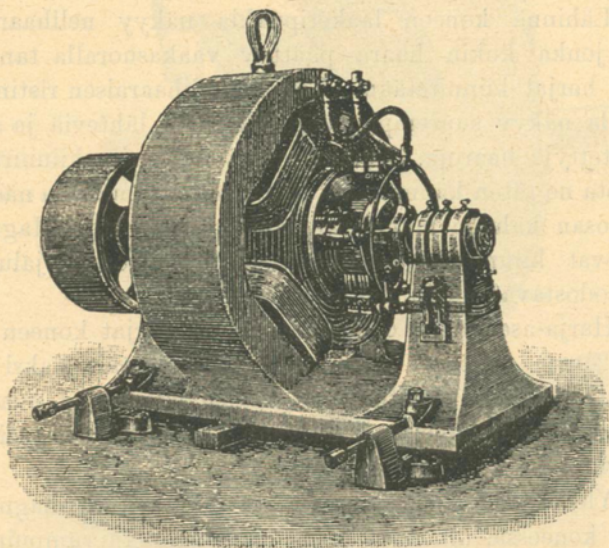
Kuva 37.

Niissä nelipoolisissa dynamokoneissa, joita valmistavat useat ulkomaiset toiminimet, kuten Allgem. Elektricitäts Gesellschaft (kuv. 38), Oerlikon, Schuckert, Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget ja Luth. & Roséns Elektriska Bolag, ovat magneetit ympäröivän renkaan sisäpuolella. Nämät sekä rengas ja jalusta ovat valetut yhdeksi kappaleeksi. Suuremmissa tällaisissa koneissa on magneettirengas joskus kahdesta eri kappaleesta, joten ylempi osa voidaan nostaa ylös mahdollisesti tapahtuvien korjausten helpottamiseksi.

*) Kuten jo ennen induktorin rakenteesta puhuttaessa on mainittu, tehdään induktorin sydän rautalevyistä, jotka magneettisesti eristetään toisistaan. Tämän sydämen pinnalle asetetaan sitten lankavyhdit siten, että ne kokonaan peittävät sen ulkokehän pinnan. Uusimmissa rumpuinduktoreissa tehdään tällaiseen levyistä muodostettuun induktorin sydämeen akselin suuntaisia syvennyksiä, joihin sitten vyhdet asetetaan. Täten ovat lankavyhdet paremmin suojatut ja sitäpaitsi induktori suuremman magneettisen vaikutuksen alaisena. Jos tällainen induktori sitäpaitsi vielä päällystetään erityisellä rauta-vaipalla, niin kutsutaan sitä silloin *vaippainduktoriksi*.

Useimmiten johdetaan käyttövoima dynamokoneeseen hihnajohdon avulla. Mutta tämä on monesti kuitenkin hankalaa käyttää, joten sähkölaitoksissa ja suuremmissa sähkökoneissa induktori suorastaan yhdistetään höyrykoneen, tahi vesivoimaa käytettäissä, turpiinin akseliin. Jotta tällaiset koneet voisivat synnyttää tarvittavan tehon, tehdään ne kuitenkin aina useampipoolisiksi.

Tukholman sähkölaitoksessa on kolme tällaista suorastaan yhdistettyä dynamokonetta, joiden induktorit tekevät ainoastaan 100 kierrosta minuutissa.



Kuva 38.

Nämät dynamokoneet, joita toiminimi *Siemens & Halske* Berliinissä valmistaa, ovat n. k. *sisäpoolikoneita* eli sellaisia, että *magneettipoolit* ovat *pyörivän rengasinduktorin sisäpuolella*.

Piäнемmillä 250 H. V:lla koneilla tätä rakennetta on 6 magneettipoolia, suuremmilla 500 H. V:lla on 12 magneettipoolia.

Induktorin lankakierrosten eli -vyhtien asemesta on sisäpoolikoneissa renkaan sisä- ja sivu-pinnoilla U:n muotoisia kuparilevyliuskoja, jotka sylinterimäisellä ulkopinnalla ovat keskenään yhdistetyt vahvemmillä kuparilamelleilla. Virran kokoaminen tapahtuu näet tavallisten kupariharjain avulla, jotka induktorin pyöriessä laahaavat näitä lamelleja. *) Suuremmissa tällaisissa koneissa on induktorin ulommainen halkaisija 3 metriä.

Kuvassa 39 näemme pienemmän sisäpoolikoneen rakenteen, jonka työkyky 300:lla pyörähdyksellä minuutissa on 35,000 wattia.

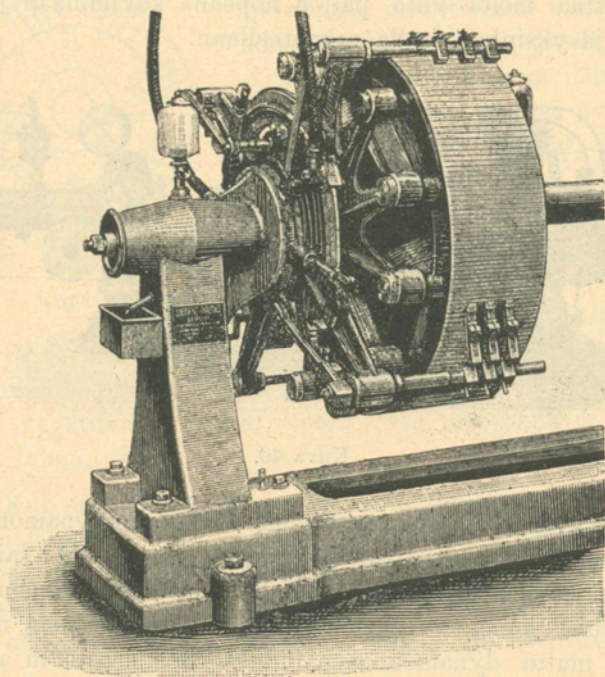
Lähinnä koneen laakeripukkia näkyy nelihaarainen risti, jonka kukin haara päättyy vaakasuoralla tangolla, joihin harjat kiinnitetään. Tämän nelihaaraisen ristin sisäpuolella näkyy suurempi määrä akselista lähteviä ja siihen kiinnitettyjä haaroja. Nämät ovat induktoriin kiinniruuva-
tut, jota ne täten kannattavat. Renkaan sisäpuolella näemme vielä osan kahden magneetin lankakierroksista. Magneetit itse ovat kiinnitettyt tavallisesti (höyry-) koneen jalustaan ja muodostavat nekin nelihaaraisen ristin.

Harja-asemia (s. o. kohdat, joissa harjat koneen käytössä ovat) on tässä koneessa neljä, nimittäin kaksi positiivista ja kaksi negatiivista. Positiiviset harjat ovat yhdistetyt toiseen koneista johtuvaan kaapeliin ja negatiiviset toiseen.

Yleensä on harja-asemia yhtä monta kuin magneettipoolia koneessa, olkoonpa koneessa rengas- tai rumpuinduktori. Tosin voidaan useampi poolisissakin koneissa saada harja-asemien luku kahdeksi, nimittäin yhdeksi positiiviseksi ja yhdeksi negatiiviseksi. Tämä tapahtuu yhdistämällä haarajohdoilla induktorin eri lankavyhdet siten, että

*) Oikeastaan ei kollektoria ja harjoja pitäisi tehdä samasta aineesta, koska ne, ollen samasta aineesta molemmat, kuluvat suuremmassa määrin, kuin jos ne olisivat eri aineesta tehdyt.

ne lankavyhdet, jotka samanaikaisesti ovat yhtäsuuren magneettisen vaikutuksen alaisina, suorastaan yhdistetään toisiinsa. Jos kone on 4-poolinen, ovat siis diametraaliset, s. o. samalla halkasijalla olevat lankavyhdit, yhdistettävät toisiinsa, jos se on 8-poolinen, on vielä keskenään yhdistettävä näiden välillä olevat vyhdet. Tällaisten yhdistyslankojen kautta, joita useampipoolisissa koneissa tulisi löy-

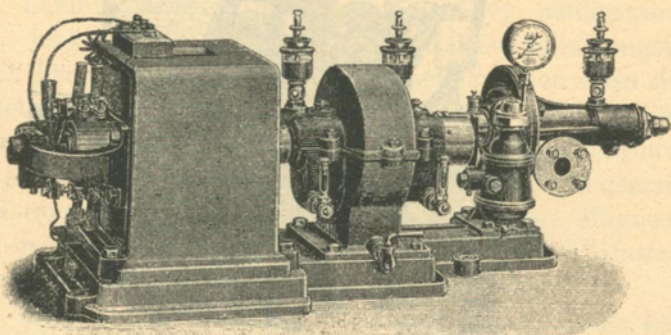


Kuva 39.

tymään hyvin paljon, induktori tulee kuitenkin monimutkaiseksi ja kalliiksi, jonkatähden muutamissa tapauksissa induktori, lankavyhtiä ainoastaan perättäisesti eli sarjaan yhdistämällä, järjestetään siten, että sama tarkoitusperä saavutetaan.

Kone, joka heti kauppaan laskettuna herätti oikeutettua huomiota ja joka viime vuosina on antanut niin hyvin meillä kuin ulkomaillakin paljon puheen ja ihmettelyn aiheutta, on *de Laval*'in keksimä *höyryturpiini*, jota yhdistettynä dynamokoneeseen sanotaan *turpiinidynamoksi*.

Ennen mainitsemamme suuret sisäpoolikoneet vaikuttavat kyllä mahtavan suuruutensa ja majesteettillisen käyntinsä kautta suuremmoisesti, mutta turpiinidynamo hämmästyttää meitä yhtä paljon nopealla käynnillään ja pienellä ja yksinkertaisella rakenteellaan.



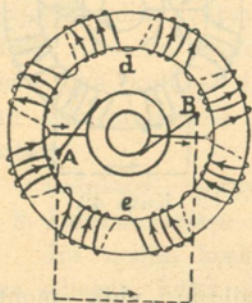
Kuva 40.

Kuvassa 40 näemme täydellisen turpiinidynamon ulkomuodon. Koneen 3 pääosaa, turpiinihuone, vaihtolaitos ja dynamokone ovat asetetut samalle jalustalle. Pienemmissä tällaisissa koneissa tekee turpiini 30,000 kierrosta minuutissa, mutta dynamokoneen induktorin kierrosluku alennetaan vaihtolaitoksen avulla 3,000 kierrokseksi minuutissa. Tämän korkean kierrosluvun vuoksi voidaan dynamokone tehdä hyvin pienirakenteiseksi.

Kaikki edellä mainitut koneet ovat olleet rakennetut suoran virran synnyttämistä varten eli sellaista virtaa varten, joka aina virtaa johdossa samaan suuntaan, virtalähteen positiivisesta poolista negatiiviseen. Mutta löytyy myöskin toisen laatuista virtoja, nimittäin *vaihtovirtoja*, jotka

etenkin viime aikoina ovat yleisesti tulleet käytäntöön. Vaihtovirta ei virtaa aina yhtäälle päin, vaan vaihtaa lakkaamatta suuntaansa, tavallisesti 100—200 kertaa sekunnissa.

Selittääksemme kuinka vaihtovirta syntyy, tahdomme otaksua, että edellä olevasta kuvasta 29 kollektori yhdistys-



Kuva 41.

lankoineen on otettu pois ja asetettu sijaan akselille 2 eristettyä metallirengasta, (kuva 41). Induktorin yhdistämistä ulkojohton kanssa välittää kaksi metalliharjaa *A* ja *B*, jotka laahaavat näitä metallirenkaita; nämä taas ovat yhdistetyt induktorin lankakierrosten kanssa kahdessa vastakkaisessa kohdassa. Kun nämä yhdistys-

haarat induktorin pyöriessä joutuvat vaakasuoraan asemaan, näemme virran, harjain ollessa keskenään yhteydessä ulkojohton kautta, kulkevan yhdistysharoissa vasemmalta oikealle. Harja *A* siis muodostaa positiivisen ja *B* negatiivisen poolin, joten virta ulkojohtossa kulkee *A*:sta *B*:hen.

Kun ne molemmat pisteet, joista yhdistyshaarat induktorista lähtevät, ovat samalla kohtisuoralla viivalla, on virran voima alentunut nollaan, koska induktorin ylä- ja alapuolisissa lankakierroksissa syntyneet elektromotooriset voimat ovat suunniltaan vastaisia, joten ne hävittävät toisensa.

Renkaan yhä pyöriessä tulevat nämä yhdistyskohdat jälleen vaakasuoraan asentoon, mutta se kohta, joka äsken oli oikealla puolella on nyt siirtynyt vasemmalle ja päinvastoin, ja koska virta aina noissa yhdistysharoissa kulkee vasemmalta oikealle, on siis *B* nyt positiivinen ja *A* negatiivinen pooli, ja täten on virran suunta muuttunut päinvastaiseksi.

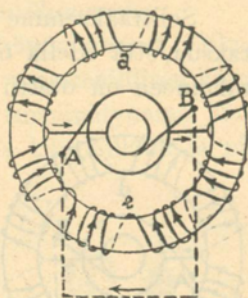
Tästä asennosta alkaen vähenee virran voimakkuus taasen, ja yhdistyshaarojen jälleen ollessa kohtisuorassa asennossa on sen arvo nolla, jonka jälkeen virta alkaa kulkea päinvastaiseen suuntaan.

Kuten tästä näemme, muuttaa virta suuntaansa kahdesti induktorin tehdessä yhden kierroksen, ja jos tahdomme saada virran vaihtumaan esim. 100 kertaa sekunnissa, täytyy induktorin pyöriä 50 kertaa sekunnissa tai $50 \times 60 = 3,000$ kertaa minuutissa.

Jos koneessa on neljä magneettipoolia kahden asemasta, riittää ainoastaan puolet edellä mainitusta kierrosluvusta virran synnyttämiseen, joka aikayksikössä vaihtuu yhtä monta kertaa.

Koska koneopillisista syistä ei ole edullista, että induktori pyörii liian nopeasti, rakennetaan vaihtovirtakoneet aina useampipoolisiksi. Tällaisen koneen induktori tulisi tarpeettomasti liian monimutkaiseksi, jos sen lankakierrosten eri osat (lankavyhdit) olisivat sivujohdoilla keskenään rinnakkaisesti yhdistetyt (kuten kuvassa ylimmäinen ja alimmainen vyhti); senvuoksi järjestetään vyhdet tavallisesti yhteen ainoaan sarjaan, joka taasen yhdistetään laahausrenkaisiin.

Paitsi näitä kahta erilaatuista sähkövirtajärjestelmää, joista tähän asti on ollut puhetta, nimittäin suoraa virtaa ja yksinkertaista vaihtovirtaa, käytetään nykyään myöskin hyvin yleisesti n. k. monikertaisia vaihtovirtoja.*)



Kuva 42.

*) Kuten olemme maininneet, ymmärrämme vaihtovirralla virtaa, joka lakkaamatta vaihtaa suuntaansa. Vaihtovirtaa voidaan havainnollisesti esittää aaltoviivalla. Jos samassa johdossa kulkee kaksi virta-aaltoa, joiden aaltotilat (faasit) eli aaltomuodot (s. o. aaltoliik-

Näillä tarkoitetaan kahta tai kolmea yksinkertaista vaihtovirtaa, joilla on sama vaihtoluku sekunnissa ja siten keskenään järjestetyt, että ensimmäisellä virralla silloin on korkein arvonsa tai lähestyy tätä, kun toisen arvo on nolla.

Jos ajattelemme kuv. 41 toistensa yläpuolella olevat pisteet *e* ja *d* myöskin yhdistetyiksi kahteen eri laahausrankaaseen, sekä että näitä laahaavat harjat myöskin kuten äskeisessäkin tapauksessa ovat johdon kautta keskenään yhteydessä, niin syntyy myöskin tässä johdossa vaihtovirta. Tämä virta on kuitenkin siinä asemassa sen virran suhteen, joka kulkee *A* ja *B* välillä, että sen arvo on nolla, kun viimeksimainitulla virralla on suurin arvonsa ja päinvastoin.

Induktori synnyttää pyöriessään tässä tapauksessa n. k. *kaksinkertaisen* vaihtovirran.

Jos neljän kosketusrenkaan asemasta käytämme kolmea sellaista, jotka ovat yhdistetyt kolmen toisistaan yhtäkaukana olevan induktorin lankakierrosten kohdan kanssa, niin voimme näistä renkaista saada *kolmikertaisen* vaihtovirran.

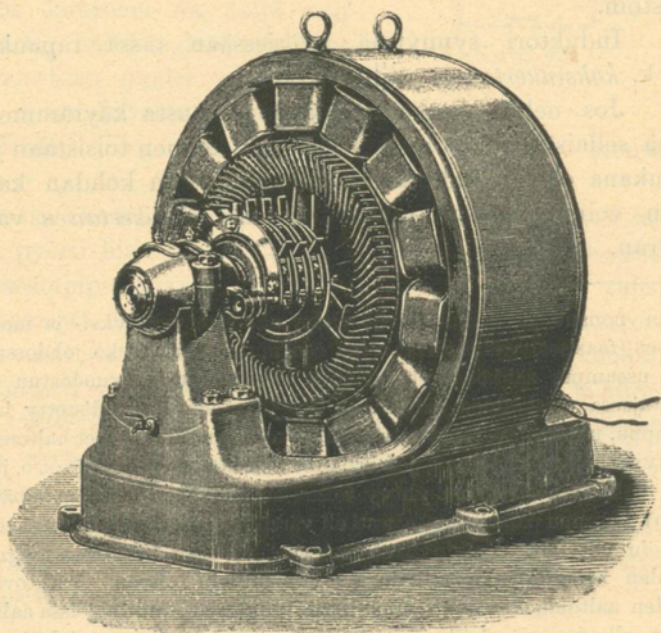
keen nousut ja laskut) eivät yhdy, niin syntyvät yksi- ja moniker-
taiset (faasiset) vaihtovirrat, aina sen mukaan, kulkeeko johdossa yksi
tai useampia sähköaaltoja. Näistä sähköaalloista muodostuu sitten
johtajassa yksi ainoa aaltoliike. Jos johtajaan on yhdistetty hehku-
lamppu, niin palaa tämä tasaisesti jos aaltojen samanlaiset aaltomuodot
yhtyvät, mutta sammuu, jos erilaiset aaltomuodot yhtyvät (s. o. jos toi-
sen aaltoliikkeen nousu yhtyy toisen aaltoliikkeen laskuun ja päinvas-
toin). Lamppu palaa epätasaisesti eli väreillen, jos eri aaltoliikkeet toisella
tavoin yhtyvät. Vaihtovirrat saattavat vapaasti liikkuvan magneetti-
neulan heilahtamaan milloin puoleen milloin toiseen. Vaihtovirtoja,
joiden aaltomuodot ovat samanlaisia keskenään, mutta joissa aaltoliik-
keet alkavat eri ajoilla ja vaikuttavat yhtämoneen eri johtoon, kun
aaltoliikkeitä tapahtuu, kutsutaan kiertovirroiksi (saks. *Drehströme*).
Näiden keksijöinä ovat olleet Tesla, v. Dolivo-Dobrowolsky & Ha-
selwander. Nimensä; kiertovirrat, ovat nämät virrat saaneet siitä, että
ne saattavat vapaasti liikkuvan magneetin kiertävään yhtämittaiseen
liikkeeseen.

Suom. muist.

Nämät järjestelmät, joita nykyään voidaan katsoa tärkeimmiksi apukeinoiksi muutettaissa koneellista työtä sähkövoimaksi, ovat melkein samaan aikaan keksityt useissa eri maissa.

Yhtenä keksijöistä pidetään *J. Venströmiä*, jolle v. 1890 myönnettiin patenttioikeus kolmikertaisjärjestelmästään.

Tämän järjestelmän mukaisia laitoksia on sittemmin perustettu useita (koskee Ruotsia), jotka käyttövoimanaan käyttävät vesiputouksia. Suurin osa näistä on Vesteråsissa olevan toiminimen *Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget* in rakentamia, jolla on Venströmin patenttioikeudet hallussaan.

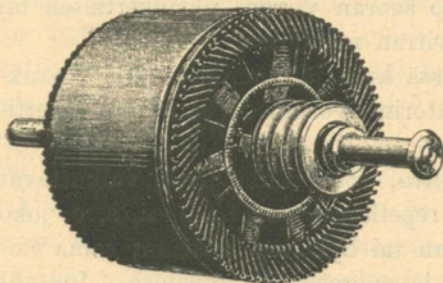


Kuva 43.

Kuva 43 näyttää tämän yhtiön kolmikertaiskoneen, tai kuten niitä tavallisesti kutsutaan, kolmikertaisgeneraattorin ulkomuodon. Valurautaisen, jalustan kanssa yhteen vale-

tun renkaan sisäpuolelle on asetettu suurempi määrä sähkömagneettisyydämiä, joissa eristetyllä kuparilangalla kierretyt rullat ovat. Nämät rullat ovat yhdistetyt siten sarjaan, että pienemmästä suoravirtaisesta apukoneesta tuleva virta voi johtua kaikkien niiden kautta ja siten synnyttää näissä sydämissä magnetismia. Kun joka toinen rullista on kierretty eri suuntaan, tulevat sydämiensä sisäänpäin käännettyt päät joka toinen pohjoispooliksi ja joka toinen eteläpooliksi.

Täten syntyneen magneettisen alueen sisällä pyörii raudalla päällystetty induktori (vaippainduktori,*) jonka lankakierrokset ovat jaetut kolmeen yhtä suureen osaan, jotka ovat alkupäistään yhdistetyt *nollapisteeiksi* kutsutussa kohdassa ja päättyvät kukin vastaavaan laahausrankaaseensa, joita siten tulee olemaan myös kolme. Näistä johtuu virta kupariharjain avulla, joita on kolme kutakin rengasta varten (kuv. 43) edelleen kolmihaaraiseen ulkojohtoon. Jos tämä nyt sopivalla tavalla suljetaan, niin jokaisessa kolmessa haarassa kulkee vaihtovirta. Nämät ovat ponnistukseltaan ja vaihto-



Kuva 44.

luvultaan yhtäläisiä, mutta siinä suhteessa eroavaisia, että vaikeuttavat toinen toisensa jälkeen, niin että virta, joka tietyssä silmänräpäyksessä johdetaan ensimmäisen johdon kautta, palaa takaisin toisen ja kolmannen

kautta. Seuraavalla hetkellä on taas toinen niistä johdoista, joiden kautta virta äsken palasi ilman virtaa, joten virta johtuu taas ulos kahden johdon kautta ja palaa kolmannen johdon kautta j. n. e.

Monikertaisjärjestelmällä on suurin arvonsa siirrettävissä käyttövoimaa paikasta toiseen sähköä avulla, ja sitä

*) Kts. Suom. muist. siv. 52.

käyttämällä saavutetaan muutamissa tapauksissa suuria etuja muihin tähän tarkoitukseen käytettyjen järjestelmien suhteen.

Koska teoksemme laajuus ei riitä perusteellisempaan selvitykseen erilaisten vaihtovirtakoneiden rakenteen suhteen, varsinkin kun tällaiset viimevuosina valmistetut koneet eroavat rakennustapansa puolesta hyvin suuresti toisistaan, täytyy meidän tyytyä siihen, mitä yllä olemme olleet tilaisuudessa lausumaan vaihtovirtojen synnystä.

V.

Sähkömoottoreista.

Kuten edellä olemme maininneet, voidaan magneettisähköisten- ja dynamokoneiden avulla muuttaa mekaaninen työ sähköenergiaksi joko suoran virran, yksinkertaisen tai useampikertaisen vaihtovirran muodossa.

Niin hyvin edellisessä kuin jälkimmäisessäkin tapauksessa syntyy virta induktorin pyörimisen kautta magneettisen alueen sisällä.

On myöskin mainittu, että sähkövirrat vaikuttavat joko attraheeravasti tai repelleeraavasti toisiinsa, s. o. joko vetävät puoleensa toisiaan tai hylkivät toisiaan; sama vaikutus on sähkövirroilla ja magneeteilla toisiinsa. Jos yhdistämme tämän ominaisuuden induktioonivirtain syntyä koskevien lakien kanssa, huomaamme, että ne induktioonivirrat, jotka johtajassa syntyvät tämän liikunnan kautta magneettisten voimaviivojen vaikutuspiirissä, pyrkivät vastustamaan johtajan liikuntaa, tai toisin sanoen, koettavat kääntää johtajaa vastaiselle taholle kuin sen liike tapahtui.

Dynamokoneessa pyrkii sentähden syntynyt virta kääntämään induktoria vastaiseen suuntaan, kun se pyörii tätä

virtaa synnyttäessään. Tällä perustuksella voidaan sähkövirtaa käyttää synnyttämään koneellista työtä *sähkömoottorien* avulla.

Tällaisena voidaan jokaista dynamokonetta käyttää. Jos yhdistämme dynamokoneen sopivan virtalähteen poolleihin, huomaamme nimittäin että sen induktori alkaa pyöriä. Jos koneemme on shunt-kone, tulee induktorin kierrosluku olemaan kyvin lähellä sitä kierroslukua, joka sillä olisi, jos kone dynamona eli *generaattorina* synnyttäisi yhtä suuren ponnistuksen pooliruuvien välille. *) Jos tämä ponnistus on konstantti, s. o. joka hetki yhtä suuri, pyörii shunt-kone moottorina melkein konstanttisella kierrosluvulla minuuttia kohden, vaikka se mekaaninen työ, jonka sen tulee toimittaa, suuruudelleen tällä ajalla vaihtelisi, (s. o. vaikk'ei toimitettavan työn suuruus olisi konstantti, olisi silti moottorina käytetyllä shunt-koneella kierrosluku melkein konstantti). Tämä johtuu suurimmaksi osaksi siitä, että magneettisen alueen voimakkuus on konstantti.

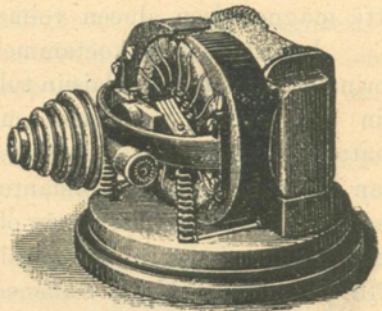
Jos sitävastoin koetamme käyttää sarjadynamo moottorina, tulemme toisenlaisiin tuloksiin. Induktori näet alkaa nyt pyöriä vastaiseen suuntaan, kuin konetta generaattorina käytettäissä. Jott'eivät harjat tämän kierrossuunnan vaihtumisen kautta pilaantuisi, ovat ne käännettävät toiseen suuntaan kuin ne ennen olivat. Sitäpaitsi huomaamme, että induktori pyörii kiihtyvällä nopeudella, riippuen siitä, että virran voimakkuus vähenee, ja magneettinen alue heikkonee mitä enemmän kierrosnopeus kasvaa. Suuremmassa tyhjänä pyörivässä sarjamoottorissa voi tämän nopeuden kiihtyminen tulla niinkin suureksi, että induktori voi sen kautta vahingoittua. Koska siis sähkömoottorina käytetty dynamo pyörii harjojen suuntaan, jos se on shunt-kone, mutta vastoin harjojen suuntaa, ollessaan sarjakone, ja kun

*) Nimitystä generaattori latin. = synnyttäjä, aikaansaaaja, käytetään moottorinimityksen vastakohtana. Edellinen synnyttää eli saa aikaan sähkövirran, jälkimmäinen muuttaa sen liikkeeksi.

vielä voimme compound-konetta pitää yhdistyksenä sarja- ja shunt-koneesta, on selvää, että compound-koneen tulee pyöriä joko toiseen tai toiseen suuntaan, riippuen sen kuorimituksesta. Se nimittäin alkaa pyöriä harjain suuntaan, jos sillä ei ole suurempaa työtä tehtävänä; mutta niin pian kuin kuorma lisääntyy, kasvaa myöskin virran voimakkuus koneen sarjakierroksissa, joten magneettisuus vaihtuu sähkömagneeteissa ja siis myöskin pyörimissuunta. Jos tahdotaan käyttää compound-kierroksilla varustettuja koneita, on pyörimissuunnan vaihtumisen estämiseksi jokin laite koneeseen yhdistettävä.

Sähkömoottorit ovatkin sentähden tavallisesti shunt- tai sarjajärjestelmän mukaan kierretyt. Suuremmat niistä valmistetaan aivan saman suuruisten dynamokoneiden mukaisiksi; pienemmät taas tehdään pääasiallisesti suurien kustannusten välttämiseksi rakenteeltaan yksinkertaisemmiksi.

Kuva 45 näyttää meille sähkömoottorin *Siemens & Halsken* rakennetta, joita valmistetaan $\frac{1}{20}$ —1 tehollis-H.V. suuruisia. Induktorin muodostaa tässä tavallinen Grammen rengas, jota ympäröi kaksi kaarimaista poolikappaletta, jotka ovat yhdistetyt in-

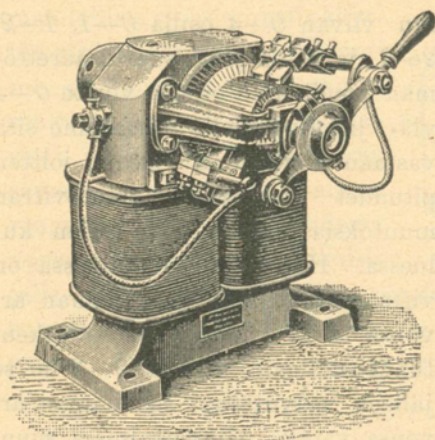


Kuva 45.

duktorin takana näkyvän sähkömagneetin rautasydämeen. Induktorin lankavyhdet ovat yhdistetyt kollektoriin, jossa tässä käytetään teräslamelleja, jotka ovat hyvin lähellä toisiaan. Lamellien välillä ei käytetä mitään erityistä eristysainetta, sillä näiden välillä oleva ilmakerros riittää siksi. Induktorin akseli on sovitettu laakerihylsyyn, jota kannattaa magneetin poolikappaleisiin kiinnitetty kaarimainen epä-magneettisesta aineesta tehty kappale.

Toisen sähkömoottorimallin, joita valmistaa *Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft* Berliinissä, näemme kuvassa 46.

Suuremmissa tällaisissa moottoreissa ovat magneetit martiiniraudasta ja valetut yhdeksi kappaleeksi, joka sa-



Kuva 46.

malla muodostaa koneen jalustan. Pienempiin moottoreihin sitävastoin magneetit valmistetaan takoraudasta yhdeksi kappaleeksi, joka sitten ruuvataan erityiseen jalustaan.

Myöskin näissä moottoreissa on induktorina Grammen renkas. Laakereita, joissa käytetään rengasvoitelujärjestelmää kan-

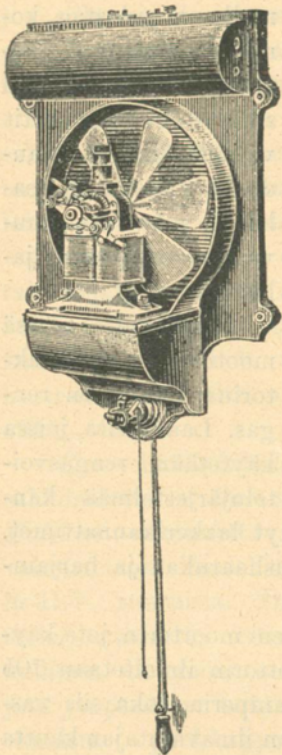
nattavat magneettipooleihin kiinnitetyt laakerikannattimet. Näiden, kuin myös harjain kannatushaarukan ja harjainpitimien muoto selviää kuvasta.

Kuva 47 näyttää pienen sellaisen moottorin, jota käytetään ilmanvaihtajissa. Tämän moottorin ilmoitetaan 105 voltin ponnistuksella kuluttavan 1,1 amperia, joka siis vastaa $105 \times 1,1 = 115$ wattin tehoa, kun ilmavaihtajan kautta virtaa tunnissa 1,750—2,400 m³ ilmaa. Laitoksen alapuolella näkyvillä nuorilla pannaan kone käyntiin ja ohjataan sitä, sekä suljetaan että avataan seinässä oleva rullaverho. Sekä pienillä sähkömoottoreilla, että tavallisilla sähkömoottoreina käytetyillä dynamokoneilla on nykyään suuri käytäntö sellaisissa tapauksissa, joissa voidaan käyttää sähkövirtaa, jolla on tavallinen ponne.

Kun on johdettava sähkövoimaa etäällä olevasta paikasta, niin tuottaa suoran virran käyttö muutamissa tapauk-

sisia suuria vaikeuksia, josta syystä tällöin on edullisempaa käyttää vaihtovirtaa, joko yksi- tai monikertaista.

Olemme jo ennen maininneet, että vaihtovirtaa havainnollisesti voi esittää aaltoviivalla.



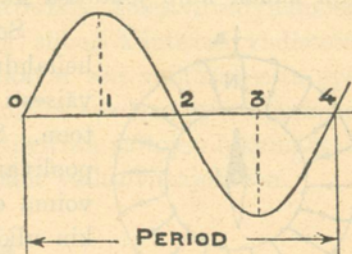
Kuva 47.

Merkitsemme kuvassa 48 suoran viivan 0—4 osilla 0—1, 1—2, 2—3 ja 3—4 yhtä suuria äärettömän pieniä ajan osia ja viivan 0—4 ylä- ja alapuolelle asetamme sitä vastaan kohtisuoria viivoja, joitten pituudet vastaavat vaihtovirran muutoksia näiden ajan osien kuluessa. Hetken 0—1 kuluessa on virta saavuttanut korkeimman arvonsa, 1—2 kuluessa on se laskeutunut nollaan, aikana 2—3 on se jälleen saavuttanut suurimman arvonsa vaikka päinvastaisessa suunnassa ja viimeisen hetken kuluessa se taasen tulee nolla asemaansa. Kokonaisen tällaisen virran aallon eli periodin muodostaa siis kaksi virran vaihetta. Koska aikayksiköitten asemasta voi käyttää kulumia, niin voipi siis myös viivan 0—4 sijaan asettaa 360 astetta.

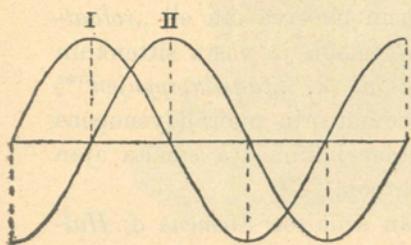
Kaksinkertaisvaihtovirtaa esitetään havaannollisesti saman menetelytavan mukaan kahdella tällaisella virtaviivalla, joista toinen on neljännesaallon matkan toista edellä, kuten näemme kuvasta 49. Kun I:llä merkitty virta on saavuttanut suurimman arvonsa, on toisen arvo nolla, kun taas I on laskeutunut nollaan, on II noussut korkeimpaan arvoonsa. Tästä nähdään, että toinen näistä virroista on neljännesperiodin toista edellä, eli että siis niitten asemien (faasien) ero on 90 astetta.

Kolmikertaisvaihtovirran taasen muodostaa kolme virtaa, jotka, kuten näemme kuvasta 50, voidaan esittää aaltoviivoilla I, II, ja III, joista jokainen on toista aina kolmasosa aaltoa suuruisen matkan edellä.

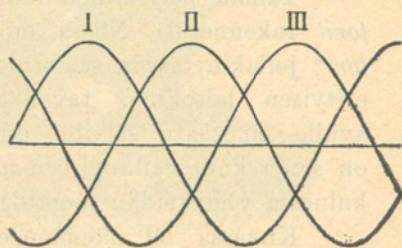
Selittääksemme, miten on mahdollista vaihtovirrallakäyttää sähkömoottoreita, otaksumme, että kuva 51 esittää rautarengasta, jonka ympäri on kierretty eristettyä sähkölankaa samalla tavalla kuin Grammen rengasinduktorissa. Kahdessa vastaisessa ympyrän halkaisijalla olevassa pisteessä on tämän rautarengaan lankakieroksiin yhdistetty johtolangat *a* ja *b*. Kun nyt annetaan suoran virran kulkea lankakierteissä nuolien osottamaan



Kuva 48.



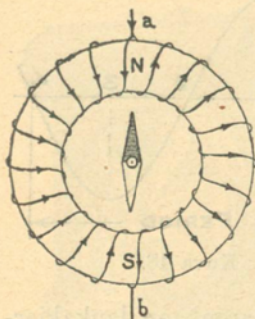
Kuva 49.



Kuva 50.

suuntaan, niin se tekee rautarengaan magneettiseksi, jolloin renkaan yläosaan muodostuu pohjoispooli ja sen alaosaan eteläpooli. Jos nyt renkaan sisäpuolelle asetetaan vapaasti liikkuva magneettineula, niin se asettuu kuvion osottamaan asemaan. Jos sitä vastoin renkaan lankavyhti yhdistetään vaihtovirtajohtoon, niin rautarengas tosin tulee magneettiseksi, mutta sen poolien asemat vaihtuvat sillä tavalla, että ensin jossain määrättyssä silmänräpäyksessä pohjoispooli on renkaan yläosassa ja eteläpooli sen alaosassa. Mutta koska seuraavan aikayksikön kuluessa virta heikkenee siksi, kun

sen voimakkuus = 0 ja sen jälkeen vaihettaa suuntaansa, niin magnetismikin aluksi heikkenee, mutta sitte taas vahvistuu, jolloin poolit vaihtuvat. Tämä uudistuu jatkuvasti niin kauan kuin johdossa kulkee vaihtovirta.



Kuva 51.

Sen kautta joutuu magneettineula heilahdusliikkeeseen eikä asetu pysyväisesti mihinkään määrättyyn asentoon. Se pyrkii seuraamaan renkaan poolivaihteluja, jolloin jatkuvaisuusvoima estää liikettä. Jos nyt kuitenkin ulkonaisen voiman avulla saamme magneetin pyörähtämään toiseen tai toiseen suuntaan niin, että sen pyörähdysluku vastaa vaihtovirran aaltojen lukumäärää, niin alkaa magneettineula jatkavasti pyöriä.

Tämän periaatteen mukaan ovat n. k. *synkrona-moottorit* rakennetut. Niissä on ensin pyörivä osa eli „*rotaattori*“ jollakin tavoin saatava pyörimään ja vasta sittenkuin erityisen laitoksen, tavallisesti n. k. „*faasilamppujen*“*) avulla on saatu selville, että rotaattorin pyörähdysnopeus on sama kuin vaihtovirran aaltojen lukumäärä saman ajan kuluessa yhdistetään moottorijohtoon.

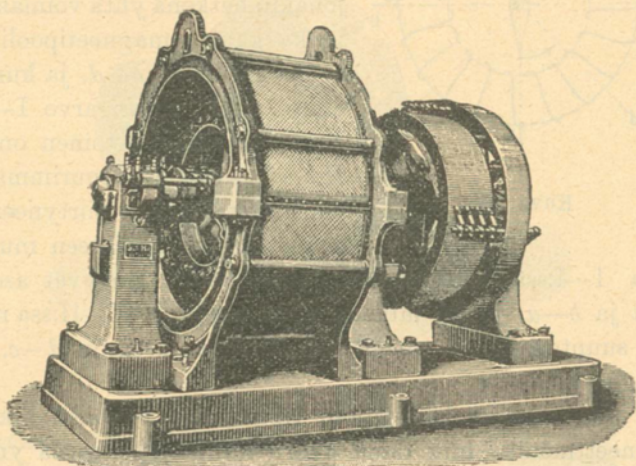
Kuvassa 52 näemme erään sellaisen *Siemens & Halsken* valmistaman synkrona-moottorin, joka on yhdistetty suoravirta-sisäpoolikoneeseen. (Vert. kuv. 39). Tällaista konetta käytetään muuttamaan eli „*transformeeraamaan*“ 2,000 voltin vaihtovirta suoraksi 150 voltin virraksi, jota viime mainittua käytetään lataamaan sähkönsäilyttäjiä eli *akku-mulaattoreita* tai muihin samantapaisiin tarkoituksiin.

Moottorin, joka rakenteeltaan on aivan samallinen kuin saman toiminimen valmistamat vaihtovirtageneraattorit, muodostaa kiinteä induktorirengas, jonka sisäpuolella pyörii rautarumpu säteitten suuntaan ulkonevine sähkömag-

*) Katso muist. sivulla 9 alareunassa.

neettineen, joita on yhtä monta kuin induktorin rullia. Näihin pyöriviin sähkömagneetteihin johdetaan suora virta.

Kun kone on pantava käyntiin, johdetaan ensin suora virtaa akkumulaattoripatterista suoravirtadynamooneen, jonka induktori ja täten siis siihen kiinteästi yhdistetty vaihtovirtakoneen rotaattori alkavat sen vaikutuksesta pyöriä. Virtaa sopivasti järjestelemällä saadaan pyörintänopeus sellaiseksi, että se vastaa vaihtovirran aaltojen lukumäärää; silloin vasta moottori yhdistetään vaihtovirtajohtoon.



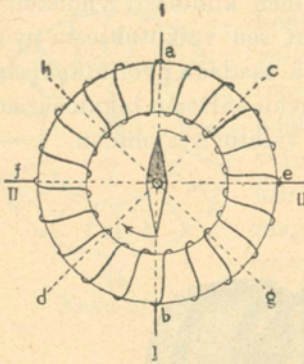
Kuva 52.

Sen jälkeen kuin moottori tällä tavalla on yhdistetty pääjohtoon voidaan suora käyntiinpanovirta joko katkaista ja antaa suoravirtakoneen vaikuttaa dynamona toiseen johtoon, tai voidaan sillä myös ladata akkumulaattoripatteri.

Koska on verrattain vaikeata saada käyntiin synkronamoottoria yksinkertaista vaihtovirtaa varten, niin usein mieluummin käytetään monikertaisvaihtovirtaa ja monikertaisvaihtovirtamoottoreita.

Selittääksemme miten sellainen toimii, otaksumme että ennen mainitsemamme rengas yhdistetään neljään eri johtoon I, I ja II, II, niinkuin näemme kuvasta 53. Näihin

johtoihin tuleva sähkövirta on kaksinkertaisvaihtovirtaa. Edellisestä tiedämme, että kun toinen näistä kahdesta virrasta on I—I:ssä saavuttanut suurimman arvonsa, toinen II—II:ssa on nollassa, ja niinmuodoin huomaamme, että



Kuva 35.

renkaaseen muodostuu kaksi vastaista magneettipoolia, jotka sijaitsevat viivalla $a-b$. Kun virran arvo suurenee I—I:ssä ja II—II:ssä vähenee, ovat molemmat virrat jonakin hetkenä yhtä voimakkaat, jonka kautta magneettipoolit siirsyvät asentoon $c-d$, ja kun vihdoin toisen virran arvo I—I:ssä on nolla; samalla toinen on II—II:ssä saavuttanut suurimman arvonsa, ovat poolit siirtyneet asemaan $e-f$. Senjälkeen muuttaa

virta I—I:ssä suuntaansa, joten poolit siirtyvät asemiin $g-h$ ja $b-a$, jonka jälkeen virta myöskin II—II:ssä muuttaa suuntaansa, ja poolit siis siirtyvät asemiin $d-c$, $f-e$ j. n. e.

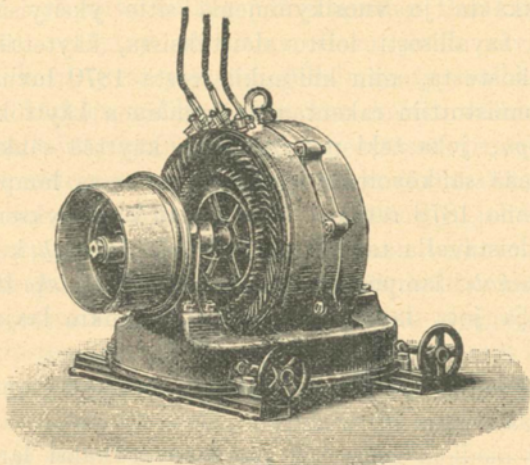
Jos renkaan keskusta ripustetaan vapaasti liikkuva magneettineula, niin tämä pyörii kiinnityspisteensä ympäri seuraten liikkeissään magneettipoolien siirtymistä ja se ilmoittaa siis samalla, miten magneettinen alue pyörii.

Samalla tavalla voidaan myös näyttää, että kolmikertaisvaihtovirta, joka johdetaan renkaan lankakierroksiin kolmesta eri paikasta kehällä, myös synnyttää *pyörivän magneettialueen*.

Kun magneettineulan sijaan asetamme liikkuvaan akseliin kiinnitetyn induktorin, jonka lankakierteet muodostavat suljetun johdon, niin sekin alkaa pyöriä lankakierteisissä syntyneitten induktioonivirtojen vastavaikutuksesta magneettialueeseen. Tällä tavalla vaikuttavaa moottoria kutsutaan *induktiiviseksi* moottoriksi, koska pyörinnän aiheuttaa rotaattorissa induktioonin kautta syntyneet sähkövirrat.

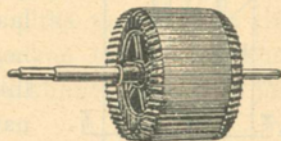
Sellaisia moottoreita kutsutaan myöskin „asynkroona“-moottoreiksi, koska ne eivät ole „synkroonisia*) virtaa synnyttävän koneen liikkeeseen nähden.

Jotta nimittäin sähkövirtoja syntyisi rotaattorin lankakierteissä, täytyy näet rotaattorin pyörintänopeuden olla pienemmän kuin magneetti-alueen pyörimisnopeus.



Kuva 54.

Kuvassa 54 näemme tällaisen *Allmänna Svenska Aktiebolaget*'in valmistaman kolmikertaismoottorin, jonka ilmoitetaan kehittävän 15 teholl. H. V. Siihen tulevat kolme johtolankaa ovat yhdistetyt ainoastaan kiinteän renkaan lankakierteisiin. Rotaattorin, jonka näemme kuvassa 55, sitävastoin ei tule mitään virtaa johdoista.



Kuva 55.

*) Synkronos, samanaikainen, asynkronos, eriaikainen.

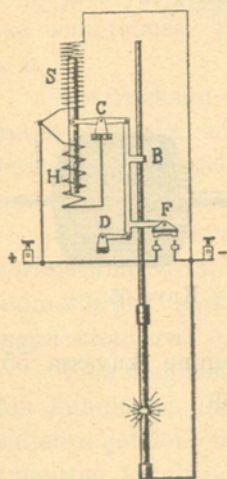
VI.

Kaari- ja hehkulampuista.

Vaikkakin jo vuosikymmeniä sitte yksityisissä tilaisuuksissa, tavallisesti loistovalaisuksissa, käytettiin kaarilamppuvalaistusta, niin kuitenkin vasta 1870 luvun loppupuolella onnistuttiin rakentaa ensimmäinen käyttökelpoinen *kaarilamppu*, joka teki mahdolliseksi käyttää sähkölähteen synnyttämää sähkövoimaa yht'aikaa monessa lampussa.

Vuonna 1878 ratkaisi näet tämän kysymyksen täydellisesti ja loistavalla tavalla *von Hefner Altenech*, keksimällä „*differentiaali*“-lampun, jonka *Siemens & Halske* Berlinissä valmisti, ja jota lampputa vielä nykyäänkin laajalti käytetään.

Tämän kaarilampun rakenteen näemme havannollisesti esitettynä kuvassa 56.



Kuva 56.

H ja S ovat kaksi lankarullaa eli solenoidia, joista edellinen on muutamaan kertaan kierretty vahvalla langalla, jota vastoin jälkimmäiseen rullaan on moneen kertaan kierretty hienoa lankaa. Rullien keskustassa on liikkuva rautasydän, joka vivun kannattamana voi siirtyä joko ylös- tai alaspäin. Kannattava vipu itse voi liikkua akselin C:n ympäri, ja se on kohtisuoran polvitangon kautta yhdistetty toiseen D akselin ympäri liikkuvaan vipuun. Tuohon polvitankoon on taasen kiinnitetty ylempi hiilenkannatintanko.

Otaksukaamme, että aluksi ylempi liikkuva hiilipuikko koskettaa alempaan kiinteään hiilipuik-

16
64

koon, ja että lamppu yhdistetään sopivaan virtajohtoon niin, että virta tulee lamppuun $+$ -merkillä merkityn puristinruuvien kautta. Siitä virta suurimmaksi osaksi johtuu vahvalankaisen H rullan lankakierrosten läpi vipuun, siitä polvitankoon, ylempään hiilenkannattimeen, ylempään hiileen, siitä alempaan hiileen ja negatiiviseen $-$ -merkillä varustettuun puristusruuviin.

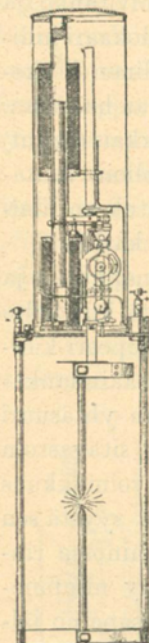
Kun nyt virta kulkee päävirtarullan H:n kautta, niin rautasydän vetäytyy alaspäin rullaan, joten polvitanko ja ylempi hiili siirtyvät ylöspäin, jolloin syntyy valokaari hiilipuikkojen kärkien välille. Heti kun hiilten välinen kosketus lakkaa, niin virran vastus enenee tässä virran haarassa, josta taas seuraa, että virran voimakkuus rinnakkais (shunt) johdossa ja siis myös rullassa S lisääntyy, jolloin rautasydän joutuu ylöspäin vetävän voiman vaikutuksen alaiseksi, joka puolestaan koettaa lähentää hiilten kärkiä.

Kummankin lankasolenoidin virran voimakkuus ja lankakierrosten lukumäärä ovat niin valitut, että kun valokaarella on tavallinen määrätty suuruutensa, ampeeri-kierrosten lukumäärä on melkein yhtäsuuri kummassakin lankarullassa, joten rautasydämeen vaikuttaa melkein yhtäsuuri vetovoima kumpaakin lankarullaa kohti. Jos sitävastoin valokaari tulee liian pitkäksi, vähenee virran voimakkuus siinä rullassa, jossa on vahvempaa lankaa, josta syystä sen vaikutus rautasydämeen ei enää voi pitää tasapainossa rinnakkaisvirran vaikutusta ja rautapuikon täytyy niin muodoin kohota ja ylemmän hiilen aleta kunnes tasapaino jälleen vallitsee.

F:llä merkityllä osalla on tarkoituksena sulkea lamppu pois virtajohtosta silloin, — kun hiilet ovat loppuun palanneet, joten virta häiritsemättä tällöinkin voi kulkea johdon muihin lamppeihin.

Kuva 57 näyttää meille tämän lampun todellisen rakenteen. Kuten huomaamme on alempi hiili kiinteä ja yhdistetty vasempaan $-$ -merkillä osoitettuun puristusruuviin. Ylempi hiili on taasen yhdistetty kannattimeen, joka on kiinnitetty hampailla varustetun tangon alapäähän. Ennen

mainittuun polvitankoon on kiinnitetty rataslaitos, joista yhteen vaikuttaa haka. Ratasto liikkuu hammastangon painosta ja joutuu se liikkeeseen silloinkun haka heilureineen tulee vapaaksi. Tällaisen rakenteen kautta ovat siis polvitanko ja hammastanko niin toisiinsa yhdistetyt, että jälkimmäinen voi asteettain liukua alaspäin sen mukaan kuin hiilipuikot kuluvat.



Kuva 57.

Oikeanpuolinen $+$ -merkitty puristusruuvi on johtavasti yhdistetty sekä alemman rullan lankakierrokseen, joista läpikulkeva virta johtuu hammastankoon, ylä- ja alahiileen sekä lopuksi negatiiviseen puristusruuviin, että ylemmän shunt-rullan kierteisiin, jotka taas toisaalta ovat suoraan yhdistetyt negatiiviseen puristusruuviin (*vert. edell.*). Toinen kaarilamppu, jota myöskin laajalti käytetään on Nürnbergiläisen toiminnan *Schuckert & Co* valmistama „pilsen“-lamppu. Tämäkin on eräänlainen differentiaalilamppu, joka kuitenkin siinä käytettyjen sähkömagneettisydänten rakenteen johdosta on rakenteeltaan erinomaisen yksinkertainen.

Kuten kuvasta 58 näemme, käytetään tässäkin kahta lankarullaa, nimittäin toista päävirtaa ja toista rinnakkaisvirtaa varten. Kumpaankin rullaan on asetettu pituussuuntaansa liikkuva messinkiputki, jota sen ylä- ja alapäässä löytyvät pienet johtopyörät ohjaavat. Nämä putket, joitten alapäähän hiilten pitimet ovat kiinnitettyt, riippuvat nuoran varassa, joka kiertää lamppukehysten yläosaan asetetun pyörän ympäri sillä tavalla, että kun alempi hiilen pidin siirtyy alaspäin, niin toinen putki hiilipuikkoineen liikkuu yhtä paljo ylöspäin.

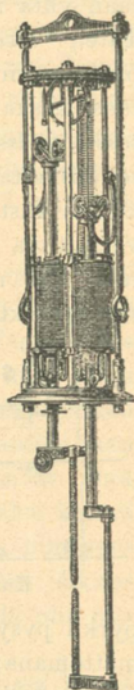
Molemmissa näissä putkissa liikkuu rautasydän, joka on pitkähkön koonin muotoinen, jommoiseen solenoidien vaikutus on melkein pysyväisesti sama, olkoon sydäntä putken sisällä pitemmältä tai lyhemmältä.

Kuvassa sijaitsee päävirtarulla vasemmalla ja rinnakkaisvirta (shunt-) rulla oikealla puolen; kun vielä yllämainittujen kartiomaisien rautasydämiä kärkeä ovat ylöspäin, seuraa tästä, että kumpaisessakin rullassa kulkeva virta vaikuttaa samalla tavalla kuin edellä kerrotussa lampussakin, nimittäin: päävirta pyrkii poistamaan hiilikärkeä toisistaan, ja rinnakkaisvirta lähentämään niitä toisiinsa. Valokaaren ollessa tarpeellisen pitkän, ovat molempien solenoidien vaikutukset rautasydämiin yhtä suuret, mutta suunnaltaan päinvastaiset, joten liikkuvat osat lampussa ovat siis tasapainossa. Jos valokaari tulisi liian pitkäksi, vähenee silloin päävirran voima, koska vastus valokaareissa enee ja rinnakkaisvirta lähentää nyt, koska sen vaikutus on suurempi kuin päävirran, hiilikärkeä toisiinsa. Mutta jos nämä tulevat liian lähelle toisiaan, tulee päävirta taas vahvemmaksi, koska vastus valokaareissa vähenee, ja sen kautta kärjet taas poistuvat toisistaan. Näin pysyy valokaaren pituus aina tavallisena.

Koska valokaaren vastus riippuu sen pituudesta, voimme sanoa, että differentiaali-lampun itsetoimiva järjestelykyky perustuu siihen, että se koettaa pitää valokaaren vastusta muuttumattomana.

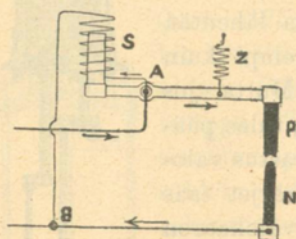
Valustuslaitoksissa, jotka ovat järjestetyt n. k. rinnakkais (parallel-) järjestelmän mukaan, käytetään myöskin toisen perusajatuksen mukaan rakennettuja kaarilamppuja. Näitä nimitetään *rinnakkais (shunt) lampuiksi*, ja ne ovat siitä huomattavat, että ne pyrkivät pitämään hiilikärkien välistä ponnistusta muuttumattomana.

Jos ajattelemme päävirtasolenoidin otetuksi pois differentiaali-lampusta, ja sen vaikutuksen korvatuksi spiraalijouseella, Z, (kuva 59), jonka tarkoituksena siis on poistaa



Kuva 58.

hiilikärkiä toisistaan, niin voimme sanoa tämän laitoksen esittävän shuntlampun periaatetta. Kun lamppua ei käytetä, ovat kärjet jousen vaikutuksesta erillään toisistaan, mutta heti kun virta suljetaan, täytyy sen aluksi kulkea ainoastaan yhtä mahdollista tietä, nimittäin salenoidin S , kautta. Täten vetäytyy virran vaikutuksesta vipuvarren toiseen päähän kiinnitetty rautasydän solenoidin S sisään, joten taas, koska vipu liikkuu akselin A ympäri, vipuvarren toisessa päässä oleva ylempi hiili P laskeutuu alas, kunnes se koskettaa alempaa hiiltä N . Nyt on tämän kosketuksen kautta vastus osassa $A P N B$ johtoa tullut hyvin pieneksi verrattuna solenoidin synnyttämään vastukseen. Tästä seuraa, että myöskin ponnistus pisteitten A ja B välillä ja siis myöskin virran voimakkuus shunt solenoidissa S tule-



Kuva 59.

vat hyvin heikoksi, joten ylempi hiili jousen Z vaikutuksesta taas kohoaa, ja kosketus lakkaa: siten syntyy valokaari. Jos sovitamme jousen Z kimmaisuuuden niin, että se vastaa solenoidin vaikutusta valokaaren ollessa tarpeellisen pitkän, huomaamme, että solenoidi

pyrkii pysyttämään hiilikärkien välistä ponnistusta muuttumattomana; sillä, jos kärkien välinen etäisyys suurenee, lisäantyy myöskin ponnistus A ja B välillä tai toisin sanoen lisäantyy myöskin virran voimakkuus solenoidissa, joten sen vaikutus tulee suuremmaksi kuin jousen Z vaikutus, ja kärjet siis jälleen lähenevät toisiaan, jos etäisyys tulee liian pieneksi, niin ponnistuskin A ja B välillä ja siis myös virran voimakkuuskin solenoidissa tulevat liian pieniksi, joten jousen vaikutuksessa hiilikärjet taas vähän etääntyvät toisistaan.

Kaarilampuissa käytetyt hiilitangot valmistetaan hienoksi jauhetusta retorttihillestä*) sekä jostakin sopivasta

*) Tätä saadaan valokaasulaitoksista sivutuloksena. Se näet muodostuu retorttien seinämiin, joissa hehkutetaan aineista, joista valokaasua valmistetaan, kuten esim. kivihiiliä. Suom. muist.

sideaineesta, tavallisesti kivihiilitervasta. Kun tämä taikina vanuttamisen kautta on saanut kauttaaltaan sopivan rakenteen, puristetaan se pyöreiksi tangoiksi, jotka sitten hehkuutetaan umpinaisissa retorteissa.

Kaarilampuissa, joita syötetään suoralla virralla, palaa positiivinen hiili kaksi kertaa nopeammin kuin negatiivinen, jonka ohessa positiivisen hiilen kärkeen vielä muodostuu kraaterimoinen syvennys; negatiivinen hiilikärki sitävastoin pysyy teroitettuna. Jos positiivinen hiili asetetaan negatiivisen yläpuolelle, niin tulee valo suurimmaksi osaksi lankeamaan alaspäin ja on silloin voimakkain noin 50° kulmassa kohtisuoraa suuntaa vasten.

Positiivisena hiilenä käytetään tavallisesti *sydänhiiltä* (saks. = Dochtkohle), jonka sisusta on hyvin löyhää hiiltä ja muodostaa ikäänkuin erityisen sydämen. Tämä palaa paljoa pikemmin kuin ympäröivä tiivis ja kova hiili, joten kraaterin muodostuminen paremmin edistyy. Negatiivinen hiili on sitävastoin aivan homogeenista eli kauttaaltaan samanlaatuista. Jotta molemmat hiilet kestäisivät yhtä kauvan, täytyy positiivisen hiilen olla joko kaksi kertaa niin pitkä tai poikkileikkaukseltaan kaksi kertaa niin suuren kuin negatiivinen hiili. Tavallisesti käytetään jälkimmäistä tapaa koska lamppua nyt ei tarvitse tehdä niin pitkäksi pidempääkään valaistusaikaa varten.

Virran voimakkuus tavallisimmin tavattavissa kaarilampuissa on 3, 4,5 6 ja 8 ampeerea. Sopivin ponnistus näitä virran voimakkuusmääriä varten on 36—40 voltia, jossa tapauksessa valokaaren pituus on 1,5—3 mm. Kärkien välisen etäisyyden kasvaissa, kasvaa myöskin ponnistus ja valokaari alkaa väreillä; saman etäisyyden vähetessä, vähennee myöskin ponnistus, siis myös virran voimakkuus. Tästä johtuu tuo epämiellyttävä surina valokaareessa.

Jotta voitaisiin levittää ja siten heikentää sitä räikeätä ja liian voimakasta valoa, jonka kaarilampun valokaari synnyttää, ympäröidään se maito- tai alabasterilasisella kuvulla. Tällaiset lamput ovat suuren valovoimansa puo-

lesta sopivimmat käyttää suurien ja korkeiden huoneustojen valaisemiseen ja ulkovalaistukseen.

Pienempien huoneustojen ja asuinhuoneiden valaistukseen, sekä sellaisissa tapauksissa, kun tahdotaan useampien valopisteiden kautta saada aikaan suuremmoista ja juhlallista vaikutusta käytetään sitävastoin *hehkulamppuja*. Verrattuna tavallisesti käytettyjen kaarilamppujen valovoimaan, jonka on laskettu olevan aina 300—1,200 normaalikynttilän*) suuruisen, on tavallisesti käytettyjen hehkulamppujen valovoima hyvin pieni, ainoastaan 5, 10, 16 tai 25 normaalikynttilää. (Tosin on valmistettu hehkulamppuja, joilla on aina 100—1,500 normaalikynttilän valovoima, mutta nämät ovat vain poikkeustapauksia.)

Hehkulampun keksijänä on ensi sijassa pidettävä amerikkalaista *Edison'*a ja myöskin englantilaista *Swan'*a, sillä molemmat he melkein samaan aikaan ja pääasiallisesti samalla tavalla paransivat siinä määrin hehkulampun, jotta se soveltui yleiseen käytäntöön.

Kuten ennen olemme maininneet, syntyy valo hehkulampussa siten, että sähkövirta saattaa ilmattomaan lasikupuun suljetun hiilisäikeen valkohehkuun. Eri hehkulampputuotteet eroavat toisistaan pääasiallisesti siinä millä tavalla nämät hiilisäikeet ovat valmistetut.

Edison valmisti niitä hiililyttämällä bamburuo'on kuituja; kun sitävastoin Swan tähän tarkoitukseen käytti hienoja puuvillakasvin kuituja, jotka rikkihappoon kastamalla hiililytettiin. Useita muita aineita on koetettu käyttää tähän tarkoitukseen, mutta epäilemättä paras aine tähän tarkoitukseen lienee nykyään jo paljon käytetty selluloosa, koska sillä on tässä suhteessa useita hyviä ominaisuuksia.

Jotta tällainen hiilisäike olisi täysin tarkoitukseensa kelpaava, täytyy sen ennen kaikkea olla aivan samanlaa-

*) Normaalikynttilän valovoima vastaa melkein tavallisen steariinikynttilän, joita on 6 kappaletta kääreessä, valovoimaa.

tuinen koko pituudelleen niin hyvin vahvuutensa ja kovuutensa kuin myöskin vastuksensa suhteen. Tosin saadaan säieaine tasapaksuksi vetämällä sitä vetolevyn reikien kautta, joista ensimmäinen suuruudelleen on hiukan pienempi kuin säieaineen paksuus, seuraava pienempi kuin edellinen reikä j. n. e. Mutta kun itse aineessa tavallisesti on joitakuita epätasaisuuksia, ei näin valmistettu hiilisäie ole kuitenkaan vielä tasainen. Sentähden muutamissa tapauksissa vielä säikeitä käsitellään erityisellä tavalla. Ne hehkutetaan nimittäin sähkön avulla jossain kaasussa, joka sisältää hiilirikasta ainetta, hiilivetyä. Täten meneteltäissä saadaan hiilisäikeet jotenkin tasaisiksi sekä vahvuudelleen että vastukselleen, sillä hiilivedyn hiili laskeutuu kirkkaimmin hehkuville ja siis heikommille osille säijettä.

Toinen vaatimus hehkulampun kelvollisuuden ja kestävyys suhteen on, että ilma, senjälkeen kun hiilisäie on kiinnitetty lasikupuun, mitä huolellisimmin pumpataan pois sieltä, ennenkuin se sulatetaan umpeen.

Meillä käytetyissä hehkulampuissa, kuva 60, on hiilisäie joko hevuskengän muotoinen tai on se kierretty yhdeksi tai useammaksi silmukaksi. Tämän päät ovat yhdistetyt kahteen lyhyeen platinalankaan*), jotka ovat sulatettut lasikuvun kapeampaan päähän. Nämät kulkevat lasin läpi ja sitten ovat kuparisangoilla jatkettut, joista toinen on yhdistetty kierteillä varustettuun peltihylsyyn ja toinen pieneen messinkilaattaan. Peltihylsy ja messinkilaatta ovat kiinnitettyt lamppuun eristävällä aineella kipsillä, ja niiden tarkoitus on johtaa virta hiileen. Edellisen avulla kiinnitetään vielä koko lamppu ruuvaamalla kannattimeensa.



Kuva 60.

*) Käytetään platinaa, koska tällä metallilla on melkein sama laajenemiskoeffisientti lämmössä, kuin lasillakin, s. o. kummatkin laajenevat samassa lämmössä melkein yhtä paljon.

Kaikki hehkulamput tarkastetaan tehtaassa valovoi-
mansa suhteen ja varustetaan merkillä, joka ilmoittaa tar-
vittavan ponnistuksen, joka tavallisimmin käytännössä esiin-
tyvissä lampuissa on 100—110 voltia.

VII.

Virran jakamisjärjestelmistä.

Jotta voitaisiin käyttää ja eri paikkoihin jakaa sähkö-
koneen synnyttämää voimaa, käytetään useita eri järjestel-
miä; joiden laatu riippuu siitä mihin sähkövirtaa ajetaan
käyttää.

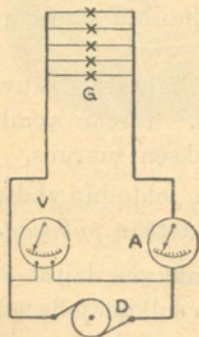
Dynamokoneiden rakenteesta puhuttaessa huomasimme,
että tällaiset koneet toimivat kahdella tavalla, nimittäin,
joko sarjakoneina, jolloin niiden synnyttämä virta on voi-
makkuudeltaan muuttumaton, tai shunt- ja combound-
koneina, jotka taasen antavat virran, jonka ponnistus on
muuttumaton.

Sähkövalaistuslaitoksessa, jonka tulee syöttää lamp-
puja, joiden lukumäärä on aina sama, kuten esim. katu-
valaistuksessa kaarilampuilla, käytetään *sarjajärjestelmää*.
Tällöin ovat kaikki sarjakoneesta (kuva 30 siv. 46) lähtevän
virtapiirin lamput asetetut sarjaan eli perättäin ja sitäpaitsi
vaativat vielä kaikki lamput palaakseen saman virran voi-
makkuuden. Tavallisesti tässä järjestelmässä käytetään
differentiaalilamppuja.

Tämä järjestelmä on kuitenkin muutamissa suhteissa
epäkäytännöllinen, niinpä ei esim. koneen käydessä yksi-
tyisiä lamppeja yleensä voida sammuttaa, ilman että niiden
sijaan asetetaan jokin vastustin, joka kuluttaa yhtä suuren
määrän sähkötehoa kuin lamppukin, eikä uusia sytyttää

samalla koneistoa järjestelemättä. Näistä syistä ei sarja-järjestelmä ole päässyt laajempaan käytäntöön. Kieltämättä on tämä järjestelmä kuitenkin hyvin edullinen käyttää siellä, missä lamput sijaitsevat etäällä koneistosta. Kun virran voimakkuus johdossa ei ole suurempi kuin yhteen lamppuun vaadittu, käytetään vähempää tai suurempaa lamppumäärää varten aina samanvahvuista johtolankaa. Tämän kautta perustuskustannukset tässä järjestelmässä tulevat olemaan verrattain vähäisiä.

Kun keksittiin hehkulamppu, tuli tarpeelliseksi ottaa käytäntöön toisenlainen järjestelmä, jota käyttämällä lamput voidaan sekä sytyttää että sammuttaa toisistaan riippumatta. Tässä, n. k. *rinnakkaisjärjestelmässä* käytetään shunt- ja compound-koneita, joitten synnyttämä virranponnistus pysyy muuttumattomana. Molempien dynamokoneesta *D* lähtevien johtojen väliin ovat *G*:llä merkityt hehkulamput asetetut rinnakkain kts. kuva 61.

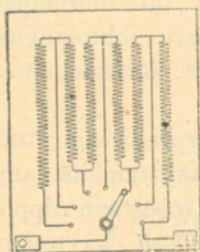


Kuva 61.

Pienemmissä tämän järjestelmän mukaan laadituissa sähkölaitoksissa on käytettyjen johtojen vahvuus sellainen, että niitten aikaansaama vastus lampujen vastukseen verraten on pieni, joten käytännössä voi otaksua, että ponnistus niissä tulee olemaan yhtä suuri kuin koneen pooliruuvien välinen ponnistus. Tällöin tietysti suhde on samanlainen kuin jos kaikki lamput suoraan yhdistettäisiin koneen pooliruuvien väliin, joten muutamien lamp-

pujen sammuttaminen tai sytyttäminen ei huomattavasti vaikuta muitten valovoimaan. Sitäpaitsi voidaan volttimittarin *V* avulla, joka asetetaan molempien johtojen väliin, tarkastaa onko ponnistus oikea vai ei, ja magneettijohtoon (shunt-johtoon) asetetun järjestely-vastustimen (reostaatin) avulla vaadittaessa järjestää ponnetta. Kun vähäinen lamppumäärä on käytännössä täytyy tietysti suurin osa reostaattia

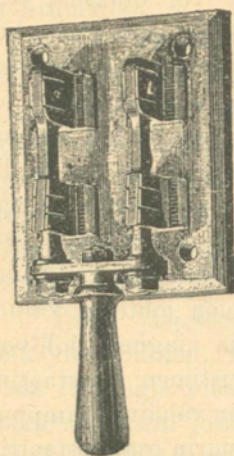
yhdistää johtoon, mutta mitä useampia lamppuja sytytetään sitä enemmän pitää vähentää vastustimen aikaansaa-
maa johtovastusta, jolloin tietysti virran voimakkuus mag-
neettijohdossakin suurenee ja senkautta koneen elektromotoo-
rinen voima kasvaa, joten lopuksi saadaan oikea ponnistus.



Kuva 62.

Kuva 62 näyttää meille sellaisen rinnakkais-vastustimen (shunt-reostat) rakenteen. Itse vastuksen synnyttävät rauta-, uusihopea tai nikkelilangoista kierretyt spiraalit, jotka ovat päistään kiinnitetyt sopivalla tavalla rautakehykseen. Kaikki nämä lankaspiraalit ovat yhdistetyt sarjaan sekä vielä ne ovat yhteydessä kosketusnappulain kanssa, jotka ovat asetetut siten, että ne muodostavat puoliympyrän muotoisen piirin, jonka keskipisteeseen on asetettu akseliin kiinnitetty kosketusvipu, jota pyörittämällä oikeaan tai vasempaan voidaan johtoon yhdistää suurempi tai pienempi luku spiraaleja.

Dynamokoneeseen kuuluu vielä ampeerimittari, A, kuva 61, joka on yhdistetty toiseen pääjohtoon. Tämän avulla voidaan milloin tahansa määrätä kuormituksen suuruus.



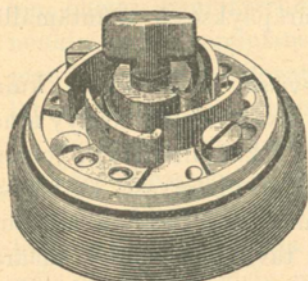
Kuva 63.

Dynamokoneen johtoihin yhdistämistä varten käytetään *sulkijaa*.

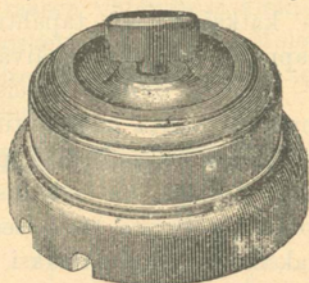
Kuvassa 63 näkyvä laitos on n. k. kaksipoolinen sulkija, jolla suljetaan tai avataan yht'aikaa niin hyvin positiivinen kuin negatiivinenkin johto. Aluslaattaan, joka tässä on marmorista, on kiinnitetty 4 kpl. johtojen kanssa yhteydessä olevaa joustavaa puristinta, joihin on sovitettu kaksi messingistä tehtyä vipuvartta, jotka kumpainenkin liikkuvat ylempiin puristimiin kiiniruvattujen messinkinastain ympäri.

Nämät vipuvarret ovat yhdistetyt kädensijalla varustetulla poikkikappaleella, ollen kumminkin toisistaan tarkasti eristetyt. Laitteen ollessa kuvan osoittamassa asennossa, yhdistää kumpainenkin vipuvarsi ylemmän ja alemman kosketuspuristimen, mutta jos kädensija nostetaan ylös, lakkaa kosketus, ja johto on katkaistu.

Olkoonpa koneeseen kuuluva sulkija rakennettu ja järjestetty millä tavoin tahansa, täytyy sen samoin kuin muidenkin sulkijain yleensä olla varustettu niin hyvillä kosketuskohdilla etteivät nämät, sulkijaa käytettäissä täyden virran voimakkuuden vallitessa sanottavasti kuumene, sekä että katkeamispinta on niin suuri, että hätätilassa täysi



Kuva 64.



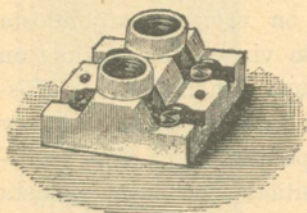
Kuva 65.

virta voidaan katkaista, ilman että syntyy mitään kauemmin kestäväää valokaarta. Tavallisesti kuitenkin ei synny sanottavasti suurempaa kipinöimistä koneensulkijaa avattaessa, koska aina dynamokone on eroitettava johdosta vasta silloin, kun sen synnyttämän virran voimakkuus on alentunut nolnaan. Jos taas useampia dynamokoneita työkentelee yhdessä antain samaan johtoon virtaa, täytyy myöskin koneitten yhdistämisen tapahtua silloin, kun yhdistettävä kone ei vielä synnytä mitään suurempivoimaista virtaa.

Sulkija, jonka avulla eri lamppu- ja pääjohtojen pienemmät sivujohtot yhdistetään tai eroitetaan, pitää olla niin järjestetty, että se toimii silmänräpäyksessä niin hyvin johtoa avattaessa kuin myös suljettaessa. Kuvissa 64 ja 65 näkee sellaisen sulkijan rakenteen sekä sen ulkomuodon. Pors-

liiniselle alustalle on asetettu vääntimellä varustettu akseli. Tähän taas on kiinnitetty kaksi taivutettua kosketusjousta. Akselia väännettäissä tulevat nämät jouset metalliseen yhteyteen joko toisen tai toisen porsliinilaattaan kiinnitetyn messinkisen lomelliparin kanssa. Kaksi näistä lomelleista on varustettu puristusruuveilla johtolankojen kiinnittämistä varten sulkijaan. Sulkijan ollessa kuvan 64 osoittamassa asemassa ei virta voi johtua sen kautta, mutta jos väännämme nappulaa neljäsosan kierrosta myötäpäivään, niin yhdistyvät kosketusjouset johtojen kanssa yhteydessä olevien lomellien kanssa ja siten tulee johto suljetuksi. Näiden kaari- maisten lomellien muodosta seuraa, että virran sulkeminen ja katkaiseminen tapahtuu silmänräpäyksessä vääntämällä nappulaa yhä myötäpäivään.

Sekä dynamokoneista lähteissä pääjohdoissa kuin myöskin näistä haaraantuivissa eri sivujohdoissa löytyy aina *varmuusmetallit* (varakappaleiksi myöskin nimitetty), joiden tarkoituksena on sulamisen kautta itsetoimivasti katkaista johto, jos syystä tai toisesta virran voimakkuus on noussut kaksikertaa suuremmaksi kuin sen tavallinen sallittu määrä on. Kuten tiedämme saattaa tämä virran voimakkuuden liiallinen suureneminen johdonkin kuumenemaan, josta syystä siihen asetettu, helposti sulavasta metallista tehty lanka sulaa poikki. Pääjohdoissa ja yleensä sellaisissa johdoissa,



Kuva 66.

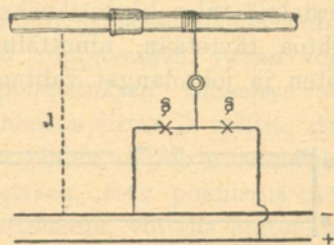


jotka ovat aijotut suurempaa virran voimakkuutta varten käytetään tähän tarkoitukseen tavallisesti lyijylankaa tai -liuskoja, jotka viimeainitut ovat päistään varustetut niihin juotuilla messinkiva-

rustimilla, joista ne ruuvien avulla kiinnitetään johtoon. Johtoja varten, joissa kulkeva virta on alle 50 ampeeria, käytetään n. k. *nappulavarmuuskappaleita*, jotka ovat rakenteeltaan kuvassa 66 nähtävän kaksipoolisen varmuuskappa-

leen mukaisia. Kuvassa näkyy itse nappulakin, joka on porsliinista. Tähän on varmuuslanka juotettu, keskellä näkyvän kierteillä varustetun messinkihylsyn ja nappulan alapäässä olevan kosketinnapin välille. Jos ruuvataan kaksi tällaista nappulaa kuvassa näkyvään laitokseen, tulevat kaikki neljä johtojen kiinnitysruuvia parittain keskenään yhdistetyiksi nappulain lyijylankojen kautta. Sillä molemmat oikealla puolen laitosta ovat kiinnitysruuvit ovat yhteydessä toinen ruuvi toisen, myöskin kierteillä varustetun hylsyn kanssa, jonka sisään toinen nappula ruuvataan, ja toinen samalla puolella oleva kiinnitysruuvi järeillä olevan samallaisen hylsyn kanssa. Laitoksen vasemmalla puolen olevat kiinnitysruuvit ovat taas yhteydessä kumpainkin oman nappulansa pohjakoskettimen kanssa. Molemmat johtolangat tulevat siten laitokseen toiselta puolen sekä lähtevät siitä vastakkaiselta puolen.

Jokaiseen sähkölaitokseen välttämättömästi myöskin kuuluu laite, jonka avulla helposti voidaan saada selville, johtuuko virta mahdollisesti suoraan maahan jostakin kohdasta johtoverkossa. Tähän tarkoitukseen käytetään sähkölaitoksissa,



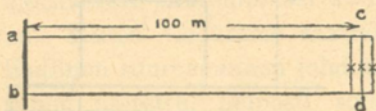
Kuva 67.

joissa rinnakkaisjärjestelmä on käytännössä, tavallisesti kahta „maajohtolamppua, g g_1 , kuva 67, jotka asetetaan perätysten samaan haarajohtoon, joka yhdistää positiivisen ja negatiivisen pääjohdon. Näitten lamppujen välistä lähtee vielä maajohto, joka on yhdistetty vesijohtoputkeen tai johonkin muuhun hyvään maajohtajaan. Jos nyt toinen pääjohdoista esim. negatiivinen, joutuu suoraan yhteyteen maan kanssa, niin virta, joka on kulkenut lampun g :n kautta haaraantuu niin, että osa siitä johtuu maajohdon kautta, osa taas lampun g kautta negatiiviseen pääjohtoon. Tällöin on siis virta lampussa g voimakkaampi kuin lampussa g_1 , josta seuraa, että edellinen palaa kirkkaammin kuin jälkimmäinen.

Voipa sattua niinkin, että viimeainittu ei valaise ensinkään, se osoittaa, että virta täydellisesti johtuu maahan viallisesta kohdasta pääjohdolla, s. o. johtovastus siinä on pieni. Jotta lamppujen avulla voitaisiin huomata pieninkin virran maahan johtuminen ja sen aikaansaama vähäinen eroitus lamppujen valovoimassa, on maaajohto varustettava kontaktinappulalla eli sulkiijalla.

Sekä voltti- että ampeerimittarit, että muut virran tarkasteluun ja järjestelyyn vaadittavat koneet tulee sopivasti kiinnittää tarkastustauluun, joka on asetettava dynamoskoneen läheisyyteen sellaiseen paikkaan, että sitä voi helposti tarkastaa. Tästä taulusta haaraantuvat pääjohdot ja niistä taasen sivu- eli lamppujohdot. Viimeainitut johdetaan sopivilla paikoilla oleviin *yhdistystauluihin*, joissa löytyy tarpeellinen määrä varakappaleita.

Kun on perustettava sähkölaitos, jossa rinnakkaisjärjestelmä tulee käytettäväksi, on katsottava, että kolme pääehtoa täytetään, nimittäin *ensiksi*, että johdot järjestetään siten ja johtolangat valitaan niin vahvoiksi, että kuhunkin



Kuva 68.

lamppuun tulee oikea ponnistus, joka ei saa huomattavasti muuttua kun yksityisiä lamppeja sytytetään tai sammutetaan, *toiseksi*, että laitoksessa täydellisesti

seurataan palovakuutusyhtiöitten antamia ohjesääntöjä (katso kirjan loppuun) ja, *kolmanneksi*, että laitos järjestetään kaikin puolin sopivasti ja käytännöllisesti.

Lähemmin selittääksemme ensimmäistä ehtoa, otaksumme, että kuvassa 68 *ab* merkitsee tarkastustaulua, josta lähtee kaksi johtoa 1 v. hehkulamppuun, jotka *cd*:n kohdalla ovat johdossa; *cd* etäisyys *ab*:stä olkoon 100 metriä. Olkoon vielä virran ponnistus tarkastustaulussa 110 voltia ja olettakaamme, että kukin lamppu vaatii 1 ampeerin; siis tulee kaikkia lamppeja varten vaaditun virran voimakkuuden olla 10 ampeeria.

Jotta virta voisi syntyä johdossa, täytyy, kuten tiedämme, johdon pääpisteitten välillä olla olemassa ponnistus. Niinmuodoin vallitsee sekä pisteitten $a:n$ ja $c:n$ että $b:n$ ja $d:n$ välillä määrätty ponnistus, joka on Ohmin lain mukaan = virran voimakkuus $\times$ johtovastus. Olkoon nyt johtovastus $a:n$ ja $c:n$ välillä = $0,25$ Ohmia. Tällöin täytyy 10 ampeerin voimaisella virralla, jotta se voisi kulkea näitten pisteitten välillä, olla $10 \times 0,25 = 2,5$ voltin ponnistus. Kun samat edellytykset pisteitten $c:n$ ja $d:n$ suhteen ovat voimassa täytyy tietysti kysymyksessäolevalla virralla, voittoaakseen johtovastuksen tällä viimemainitulla matkalla, myöskin olla $2,5$ voltin ponnistus. Näin ollen virran ponnistus vähenee, mitä etäämmälle siirrymme tarkastustaulusta ja on se lampuissa $2,5 + 2,5 = 5$ voltia pienempi kuin tarkastustaulussa. Johtovastuksen vaikutuksesta on virran ponnistus niinmuodoin vähennyt 105 volttiin.

Niinkuin huomasimme on johtovastuksen aikaansaama ponnistuksen vähennys myöskin riippuvainen virran voimakkuudesta johdossa; tämä ponnistuksen vähennys oli käyttäessämme 10 ampeerin voimaista virtaa 5 voltia, siis se on, kun käytämme ainoastaan yhden ampeerin voimaista virtaa = $\frac{5}{10} = 0,5$ voltia. Edellyttäen, että ponnistus tarkastustaulussa pysyy muuttumattomana, voi siis kuitenkin ponnistus lampuissa vaihdella 109,5:sta 105:n volttiin, riippuen siitä montako lamppua yht'aikaa on käytännössä.

Tavallisesti ei kuitenkaan käytetä näin suuria ponnistuksen vaihteluja, ja niistä johtuvia muutoksia lamppujen valovoimassa, vaan koetetaan mikäli mahdollista, järjestää johdot niin, että ainakin sisäjohdoissa ponnistuksen vähennys korkeintaan nousee 2—3 volttiin.

Tavallisesti käytetään hehkulamppuja, jotka ovat rakennetut täydellistä johtoponnistusta varten; toisinaan kuitenkin, kuten esim. kruunuissa asetetaan 2—3 lamppua sarjaan, jolloin jokaisen näistä perättäin olevasta lampusta tulee sellaisen, että se vaatii ainoastaan puolet tai kolmanneksen johtoponnistuksesta.

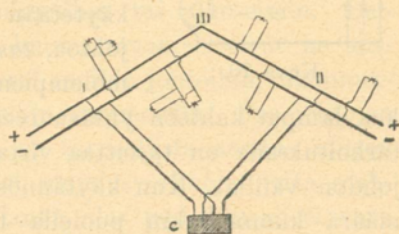
Samaten voidaan tällaisessa sähkölaitoksessa, jossa rinnakkaisjärjestelmä on käytännössä, asettaa johtoon myöskin kaarilamppuja, jolloin tietysti on, käyttämällä sopivaa vastustinta johdossa virran ponnistus saatava sellaiseksi, että sitä sopii käyttää kaarilamputta. Kun nyt kukin kaarilamppu vaatii noin 40 voltin ponnistuksen, voidaan siis kahden 110 voltin johdon välille asettaa kaksi kaarilamppua perätysten. Näitä varten vaaditaan kuitenkin virta jolla on ainoastaan $2 \times 40 = 80$ voltin ponnistus, joten siis tähän johtoon vielä täytyy asettaa vastustin, joka vaatii $110 - 80 = 30$ voltia. Jos lamputta käytetyn virran voimakkuuden tulee olla 8 ampeeria, niin täytyy kysymyksessä olevan vastustimen Ohmin lain mukaan tehdä virralle $\frac{30}{8} = 3,7$ Ohmin vastuksen ja se aikaansaadaan itse lamppujohdon avulla, jona käytetään kuitenkin sellaista lankaa, joka ei kovasti kuumene, silloinkun mainittu 8 ampeerin voimainen virta kulkee sen läpi.

Niinkin pieni ponnistuksen vähennys eli ponnistuksen hukka kuin äskeinen, tekisi kuitenkin laajan johtoverkon liian kalliiksi ja ehkäpä taloudellisessa suhteessa mahdottomaksi aikaansaada. Mutta nyt voidaan kuitenkin johtoverkko järjestää siten, että lamputta vallitseva ponnistus ei huomattavasti vaihtelee, vaikka ponnistuksen hukka johdoissa nousisikin aina 10—15 volttiin. Tällöin näet katsotaan, että ponnistus pysyy muuttumattomana muutamissa johtoverkon pisteissä n. k. *painepisteissä*, jotavastoin se tarkastustaulussa vaihtelee sitä myöten kuin koneitten ponnistusta muutellaan kuormituksen mukaan.

Miten tällainen johtoverkko, käyttämällä kaksijohtojärjestelmää, järjestetään näemme havannollisesti kuvasta 69. *C I* ja *C II* merkitsevät tässä syöttöjohtoja, joitten kautta virta keskusasemalta C johtuu painepisteisiin *I* ja *II*, joitten välillä löytyvät jakojohdot I—II—III, joista taasen varsinaiset *käyttöjohdot* lähtevät. Jotta nyt ponnistus viime mainittuihin johtoihin asetetuissa lamputta ei suuresti vaihtelisi, täytyy ponnistuksen painepisteissä pysyä samana ja

ponnistuksen hukan jako- ja käyttöjohdoissa olla niin pienen kuin mahdollista. Molempien painepisteitten ja keskusaseman väliin asetetaan paitsi ennenmainittuja syöttöjohtoja vielä kaksi n. k. tarkastusjohtoa, jotka ensinmainituissa paikoissa yhdistetään jakojohdoihin. Keskusasemalla näihin tarkastusjohtoihin asetettujen volttimittarien avulla nähdään kuinka suuri virran ponnistus kulloinkin on kummassakin painepisteessä ja järjestetään koneitten käynti niin, että ponnistus niissä pysyy muuttumattomana. Ellei ponnistuksen hukka syöttöjohdoissa ole suurempi kuin 6—7 voltia, niin sopii tehdä kummankin positiivisen tarkastusjohdon johtovastukset keskenään ja samoin molempien negatiivisten tarkastusjohtojen johtovastukset keskenään yhtäsuuriksi, jolloin kaikki neljä tarkastusjohtolankaa voidaan yhdistää samaan volttimittariin, joka siis tällöin ilmoittaa johtoverkon keskimääräisen ponnistuksen.

Usein käytetään syöttöjohtoja, joissa ponnistuksen hukka nousee aina 10—15 volttiin. Tällöin on erikseen kumpaankin johtoon asetettava vastustin, jonka avulla virran ponnistus voidaan



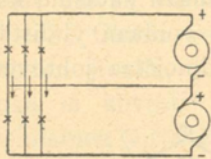
Kuva 69.

mielin määrin järjestää tai on käytettävä tähän tarkoitukseen jotakin muuta sopivaa keinoa.

Yleensä ei suoraan syöttöjohtoihin voi yhdistää käyttöjohtoja lamppuineen, koska tällöin ponnistuksen vaihtelut eritoten keskusaseman läheisyydessä tulevat liian tuntuviksi. Jos esim. ponnistuksen hukka syöttöjohdoissa on 10 voltia, niin luonnollisesti ponnistus koneissa kohoo 10 voltia, silloinkin kuormitus johtoverkossa suurenee pienimmästä isoimpaan määräänsä. Lampussa, joka nyt asetettaisiin keskusaseman läheisyydessä positiivisen ja negatiivisen syöttöjohdon väliin, siis virran ponnistus vaihtelisi 10 voltia.

Vaikkakin esittämäämme keskijohtojärjestelmää painepisteinen voi käyttää jotenkin laajoissa johtoverkoissa, niin se tulee kuitenkin taloudellisessa suhteessa epäedulliseksi, silloinkun valaistava alue suurenee yli määrätyn rajan.

Viimemainitussa tapauksessa käytetään senvuoksi kolmijohtojärjestelmää, jolla on samat edut kuin kaksijohtojärjestelmälläkin, mutta joka kuitenkin tulee suurempia alueita varten, paljon halvemmaksi kuin edellinen johtoverkon kustannuksiin nähden. Kolmijohtojärjestelmässä käytetään kaksi kertaa niin suurta ponnistusta kuin kaksijohtojärjestelmässä. Tämä käyttöponnistus tavallisesti saadaan siten, että kaksi dynamokonetta yhdistetään perättäin niinkuin kuvassa 70.



Kuva 70.

Positiivisen ja negatiivisen johdon väliin voi siis yhdistää aina kaksi lampua sarjaan. Jotta lamput olisivat toisistaan tykkänään riippumattomia, käytetään kuitenkin vielä kolmatta johtoa, *tasaaja-johtoa*, joka yhdistetään molempien koneitten väliin ja joka jakaa lamput kahteen yhtäsuureen ryhmään. Tämän johdon tarkoituksena on tasoittaa virta positiivisen ja negatiivisen johdon välillä. Kun käytännössä olevien lamppujen lukumäärä kummallakin puolella tasaajajohtoa on yhtäsuuri, niin johtuu virta täydellisesti positiivisesta johdosta negatiiviseen, mutta jos lamppuja on vähemmän käytännössä negatiivisen kuin positiivisen johdon puolella, niin täytyy sen virran, joka on kulkenut lamppujen kautta positiivisen johdon puolella osaksi johtua tasaaja- osaksi negatiiviseen johtoon. Jos suhde olisi päinvastainen, niin kulkisi taasen tasaajajohdossa virta päinvastaiseen suuntaan. Tasaajajohto toimii niinmuodoin, silloinkun johdoissa on epätasainen kuormitus, joko positiivisena tai negatiivisena johtona.

Kun nyt kolmijohtojärjestelmässä ponnistus samaa lamppumäärää varten on kaksi kertaa niin suuri kuin kaksijohtojärjestelmässä, ja virran voimakkuus siis edellisessä vaan puolet, tarvitsee, edellyttäen, että ponnistuksen hukka on

suhteellisesti yhtäläinen, kolmijohtojärjestelmän positiivisen ja negatiivisen johdon läpileikkauspinnaltaan olla $\frac{1}{4}$ kaksijohtojärjestelmän läpileikkauspinnasta. Tasaajajohdon läpileikkauspinnan tarvitsee olla vaan puolet edellisestä, joten kolmijohtojärjestelmä vaatii ainoastaan $\frac{5}{16}$ tai $\frac{3}{8}$ vastavassa kaksijohtojärjestelmässä käytetystä kuparimäärästä.

Kun valaistava alue on ollut erittäin laaja, on joskus myös käytetty *viisijohtojärjestelmää*, joka tuottaa vieläkin suuremman säästön käytettävään kuparimäärään nähden.

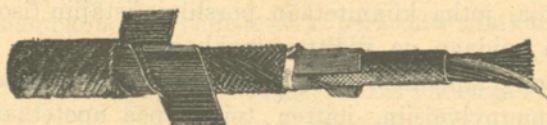
Sähkölaitokseen kuuluva johtoverkko voidaan asettaa joko maanpinnan yläpuolelle, jolloin käytetään paljaita tai eristettyjä johtoja, jotka kiinnitetään porsliinieristäjiin (isolaattoreihin) tai voidaan ne sijoittaa maahan.

Maanpinnan yläpuolella olevien johtojen eristäjät kiinnitetään joko puupylväisiin, joitten toinen pää upotetaan maahan, tai rauta- tai puutelineihin, jotka kiinnitetään rakennusten katoille, savupiippuihin tai ulkoseiniin. Sel- laisten johtojen suhteen on huomattavaa, etteivät ne mis- sään saa koskettaa toisiinsa tai muihin johtoihin, rakennuk- siin, puitten oksiin tai muihin semmoisiin. Jos johtojen yli kulkee telefoonilankoja on tarpeellista asettaa niitten yläpuolelle suojeluskankoja tai suojelusverkkoja, jotta mah- dollisesti katkeava telefoonilanka alas pudotessaan ei voisi koskettaa johtoihin. Sitäpaitsi on tällainen johtoverkko varustettava sellaisilla ukonsyöteillä, jotka täydellisesti suo- jelevat sen salaman tuottamilta vahingoilta ja ovat niin asetetut, etteivät ne salaman niihin iskettyä yhdistä „*suo- raan*“*) koneita.

*) „Suoralla“ johtoyhdistyksellä (saks. kurzschluss, ruots. kortslutning) ymmärretään sitä tapahtumaa, kun esim. positiivinen johto jossakin paikassa johtoverkossa, joutuu suoranaiseen johtavaan yhtey- teen lähellä olevan negatiivisen johdon kanssa. Tällöin dynamoko- neesta positiivista johtolankaa myöten tuleva virta melkein täydelli- sesti johtuu suoraan viallisen kohdan kautta neg. johtoon, kulkematta siis luinkaan tai vaan osittain viallisen paikan toiselta puolen löyty- vien johtolankojen kautta.

Suom. muist.

Kun taas johtoverkko on asetettava maahan, niin käytetään vasituisesti tähän tarkoitukseen tehtyjä kaapeleita ja johtoja. Näissä tavallisesti muodostaa varsinaisen johtajan hienot yhteen kimppuun kierretyt lankasäikeet. Tämä varustetaan sitte eristävällä peitteellä, jota vielä suojaa rautavaippa. Jotta ei tarvitsisi turvautua noihin kalliisiin eristysaineisiin kautsuun ja kuttaperkkaan, on *Siemens & Halske* y. m. ruvenneet käyttämään eristysaineena jutia tai puuvillaa, joka hyvästi kastellaan eristysaineella, katso kuva 71. Mutta tällainen eristys ei kuitenkaan voi estää



Kuva 71.

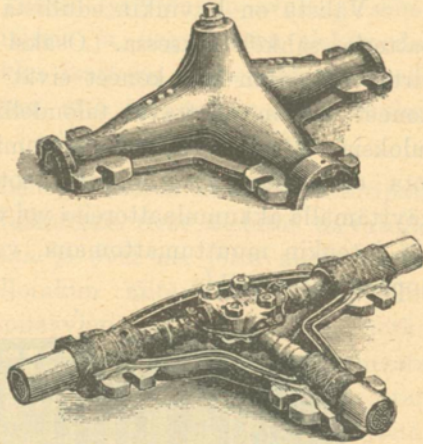
maassa löytyvän kosteuden haitallisesti vaikuttamasta johtolankaan; senvuoksi

näin eristetty johto, sittekuin eristysaine on hyvästi kuivannut, varustetaan vielä siihen tiiviisti liittyvällä lyijyvaipalla. Tämän ympäri taasen kierretään asfalttiin kastettua jutia ja jotta näin valmistettu johtokaapeli hyvin säilyisi ulkonaisilta vaikutuksilta, niin sen ympäri kääritään kahteen kertaan rautalankaa, ja viimeksimainitun peitteen päälle vielä kertaalleen kierretään asfalttiin kastettua jutia.

Keskusasemalta painepisteisiin kulkevin johtoina käytetään sellaisia kaapeleita, joissa löytyy paitsi pääjohtoa myöskin eristetty tarkastuslanka, jonka avulla ponnepisteissä vallitsevaa ponnistusta voidaan tarkastaa.

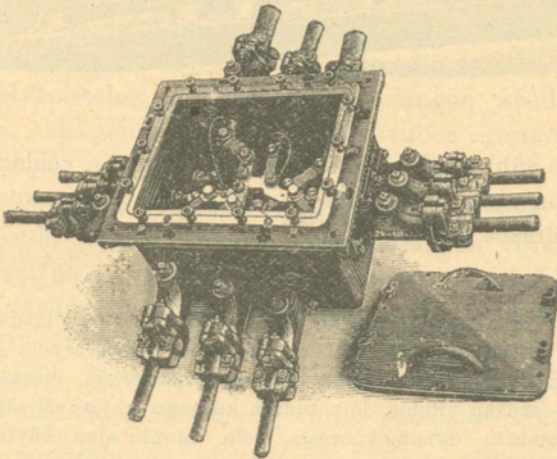
Kun kaapeleita on jatkettava tai pääjohtoihin yhdistettävä haarajohtoja, käytetään rautamuffeja, katso kuva 72, joihin yhdistettävät kaapelit kiinnitetään, sen jälkeen kun varsinaiset johtolangat ovat toisiinsa yhdistetyt yhdistyskappaleella. Jottei kosteus voisi tunkeutua muffiin, täytetään se, sittekuin se on kiinruuvattu, tykkänään eristysaineella, jota valetaan siihen ylinnä kannessa näkyvän ruuvin sulkeman reijän kautta.

Missä suurempi joukko kaapeleita on yhdistettävä, kuten esim. painepisteissä, käytetään rautaisia yhdistyslaatikkoita, katso kuvaa 73, joitten seinämien kautta kaapelit vettäpitävästi tulevat laatikkoon. Tässä nuo kolme syöttöjohtoa tarkastuslankoineen yhdistetään varakappaleitten avulla eri suuntiin kulkeviin jakojohdoin. Jottee kosteus voisi tunkeutua laatikkoon, varustetaan se tiiviisti sulkeutuvalla muttereilla ja ruuveilla kiinnitettävällä rautakannella.



Kuva 72.

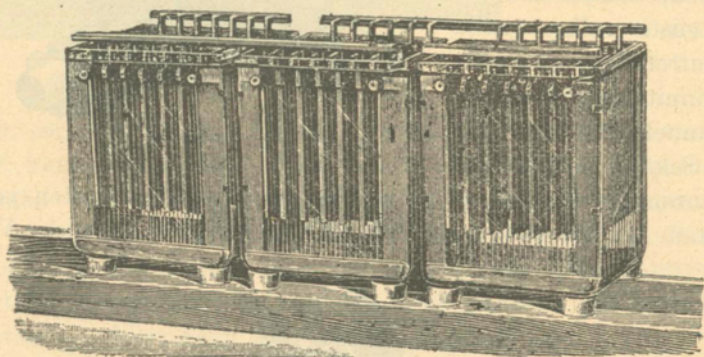
Sekä pienempiä että suurempia kaksi- tai kolmijohto-sähkölaitoksia varten voidaan tarpeellinen virta hankkia monella eri tavalla. Voi



Kuva 73.

näet joko käyttää yksinomaan sitä suoraa virtaa, jota dynamo-koneet kehittävät, tai myöskin käyttää sitä yhdessä akkumulaattoreista saadun virran kanssa.

Välistä on hyvinkin edullista käyttää akkumulaattoripatteria sähkölaitoksessa. Osaksi näet sen kautta saadaan virtaa silloinkin kun koneet eivät ole käynnissä, osaksi taas koneet tällöin tuottavat taloudellisessa suhteessa parempia tuloksia, koska niitä voi paremmin kuormittaa, s. o. virta jota ei tarvita valaistukseen, kootaan patteriin, ja vihdoin käyttämällä akkumulaattoreita voi virran ponnistuksen pysyttää jotenkin muuttumattomana, vaikka koneitten pyörintänopeus vaihtelisikin.



Kuva 74.

Se sähkömäärä, jota tällaiseen patteriin voidaan koota, on riippuvainen siinä käytettyjen lyijylaattojen suuruudesta, lukumäärästä ja laadusta.*).

*) Parhaimpiin lyijyakkumulaattoreihin voidaan koota siinä löytyvää lyijykiloa kohden sähkövoimamääriä vastaava noin 4,000 kilogrammeetriä. Ladatusta akkumulaattoripatterista, jossa on lyijyä 100 kg, saadaan nimenmuodoin tunnin kuluessa yhtäsuuri sähkömäärä, joka saataisiin dynamokoneesta, jota tunnin ajan käyttäisi noin

$$\frac{4000 \cdot 100}{75 \text{ kgm } 60^2 \text{ sek.}} = 1\frac{1}{2} \text{ tehollishevosvoimainen kone.}$$

Tavallisesti laatat tehdään määrättyä suuruutta, mutta silti saadaan suurempi tai pienempi n. k. elektroodi syntymään, riippuen siitä, yhdistetäänkö suurempi tai pienempi määrä laattoja toistensa kanssa lyijytangon avulla. Useimmissa tapauksissa positiivisen ja negatiivisen elektroodin muodostaa suurempi joukko laattoja, jotka asetetaan nelikulmaisiin lasiastioihin siten, että joka toinen laatta kuuluu negatiiviseen, joka toinen positiiviseen elektroodiin.

Kuva 74 näyttää meille tällaisen akkumulaattoripatterin järjestelyn. Akkumulaattorit ovat asetetut tervatululle puujalustalle lähelle toisiaan ja ovat ne, jotta niistä virtaa ei voisi poisjohtaa muulloinkun niitä käytettäessä, puujalustasta eristetyt porsliinilevyjen avulla. Astioissa, jotka tässä ovat lasista, pitää noita seitsemää vaalean harmeata negatiivista ja kuutta tummanruskeaa positiivista laattaa syrjälleen asetetut kapeat lasilevyt koholla astian pohjasta. Positiiviset ja negatiiviset laatat eivät saa koskea toisiinsa ja ovat ne pidettävät määrättyllä etäisyydellä toisistaan. Tämä aikaansaadaan niin, että laattojen väliin asetetaan lasiputkia, jotka ulottuvat astian pohjaan. Kuhunkin laattaan kiinnitetty lyijykaistale pistäytyy näissä käytetyn tislalun veden ja laimean puhtaan rikkihapon muodostaman nestepinnan yläpuolelle. Toisen elektroodin laattoihin kuuluvat lyijykaistaleet, yhdistetään lyijytangon avulla aina seuraavan akkumulaattorin päinvastaiseen (erinimiseen) elektroodiin.

Koska akkumulaattorin lataamiseen vaaditaan 2,7 voltin ponnistus ja siitä sen purkautuessa saadun virran ponnistus ensin on 2 voltia, mutta vähitellen alenee 1,85 volttiin, jolloin purkaantuminen on keskeytettävä, jotteivät akkumulaattorit vahingoittuisi, on selvää, että ponnistusta täytyy järjestellä, jotta se jatkuvasti voisi pysyä samana. Kun patterista tahdotaan saada 100 voltin ponnistus, täytyy siis yhdistää perättäin eli sarjaan $\frac{100}{1.85} = 54$ eri akkumulaattoria. Patterin ollessa täysin ladattuna, jolloin jokaisesta

akkumulaattorista saadun virran ponnistus on 2 voltia, vaaditaan 100 voltin ponnistuksen aikaansaamiseen ainoastaan $\frac{100}{2} = 50$ eri akkumulaattoria, mutta mitä enemmän pattereista sähköä purkaantuu, sitä enemmän ponnistuskin alenee, joten tietyn ajan kuluttua patteriin on yhdistettävä lisää aina yksi akkumulaattori. Tähän tarkoitukseen käytetään *akkumulaattori-järjestelijää*, jonka muodostaa väännettävä kosketuskanki eli liikkuva kontaktikappale, joka on yhdistetty johtoon. Tämä kosketuslaitos voidaan saattaa johtavaan yhteyteen minkä kosketuskappaleen kanssa tahansa, jotka ovat yhdistetyt näihin apuakkumulaattoreihin. Koska patteria ladataessa on edullista erottaa johdosta täysin ladattut järjestely-akkumulaattorit, käytetään yleensä kaksinkertaista akkumulaattori-järjestelijää, jonka avulla ponnistusta voidaan järjestää sekä patteria ladataessa että sen purkaantuessa.

Tavallisesti yhdistetään akkumulaattoripatteri sillä tavalla dynamokoneen ja johtoverkon kanssa, että patteri aina on yhdistetty johtoon, jotavastoin dynamokone pannaan käyntiin ja yhdistetään johtoon ainoastaan silloinkun sitä on käytettävä patterin lataamiseen tai patteri yksinään ei riitä suurentuneeseen virrankäyttöön.

Paitsi jo ennen mainittuja etuja, tuottaa tarpeeksi suuri akkumulaattoripatteri kolmijohtojärjestelmässä käytettynä vielä sen edun, ettei tarvitse käyttää parittain dynamokoneita. Tähän tarkoitukseen käytetään akkumulaattoreja Tukholman sähkölaitoksessa. Kysymyksessä olevaan akkumulaattoripatteriin kuuluu 138 akkumulaattoria, jotka ovat sarjassa ja tällöin voivat kehittää johtoverkossa käytetyn ponnistuksen 2×128 voltia. Patterin keskeltä lähtee tasaajajohto ja kumpikin patteripuolisko vastaa siis kuv. 70 esitettyjä dynamokoneita. Patterin lataamiseen ja suurempaan virrankäyttöön vaadittavan virran kehittävät dynamokoneet, joita yksi tai useampia samalla kertaa yhdistetään johtoon. Nämät koneet ovat sellaisia että niitten

ponnistus voi vaihdella alimmasta johtoverkkoponnistuksesta $2 \times 112 = 224$ voltista tavallisesti patterin latoomiseen vaadittavaan 300 volttiin.

Samalla tavalla voidaan akkumulaattoripatteria käyttää myöskin viisijohtojärjestelmässä.

Kuten jo ennen sivulla 69 on mainittu, voidaan myöskin vaihto-suoravirtatransformaattoria käyttää akkumulaattoripatterin lataamiseen. Tällainen järjestelmä on siinä tapauksessa sopiva, että käytettävä vesivoima sijaitsee kaukana virrankäyttämisalueelta.

Koska sähkövoiman tehokkaisuus on = ponnistus $\times$ virran voimakkuus, on selvää, että sama teho saadaan käyttämällä korkeaa ponnistusta ja heikkoa virran voimakkuutta kuin jos päinvastoin käytettäisiin matalaa ponnistusta ja suurta voimakkuutta. Johdon vahvuus on aina riippuva ainoastaan virran voimakkuudesta, ja sentähden käytetään johdettaissa sähkövirtaa pitkien matkojen päähän niin korkeata ponnistusta kuin suinkin olosuhteet sallivat, jotta voitaisiin käyttää ohutta lankaa johdossa ja tämän kautta saada kustannukset pienemmiksi.

Kun vaihtovirtakoneet, jotka ovat aijutut joko yksin tai monikertaista vaihtovirtaa varten, voidaan rakentaa suuremmiksi ponnistukseltaan, kuin suoravirtakoneet ja kun vielä vaihtovirta transformaattorin avulla tarpeen mukaan voidaan muuttaa ponnistukseltaan joko korkeaksi tai matalaksi, otetaan tavallisesti suurempia etäisyyksiä varten vaihtovirta käytäntöön; vieläpä muutamissa tällaisissa tapauksissa on ainoastaan vaihtovirtaa mahdollinen käyttää.

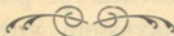
Sellaisia etäisyyksiä varten, joihin 4 tai 5,000 voltin suuruinen ponnistus riittää, ei tarvita transformaattoreja, koska nykyään jo rakennetaan vaihtovirtakoneita, joilla on yllämainittu ponnistus. Jos tulisi kysymykseen johdon pituuden tähden vielä korkeampi ponnistusmäärä, annetaan koneiston synnyttää sitävastoin virta, jolla on suurin voimakkuus ja tavallinen, ei juuri 100 voltia suurempi pon-

nistus. Tämä virta sitten muutetaan transformaattorien avulla ponnistukseltaan niin korkeaksi kuin tarvitaan.

Paikalla, missä virtaa käytetään voidaan käyttää joko yksityistä suurempaa moottoria, jota käyttää suorastaan linjavirta, siinä tapauksessa ettei ponnistus nouse yli 4 tai 5,000 voltin, tai myöskin voidaan virta transformaattorien avulla muuttaa siten että se soveltuu valaistukseen ja useampien pienempien moottorien käyttämiseen. Viimeksi mainitussa tapauksessa käytetään tavallisesti useita transformaattoreja, jotka ovat rinnakkaisesti yhdistetyt pää- eli primäärijohtoihin. Valitsemalla sopivasti näiden johtojen vahvuuden, saadaan jokaisen transformaattorin primäärijohtoin ponnistus muuttumattomaksi, joten myöskin transformaattorien sekundäärijohtoissa*) vallitsee melkein muuttumaton ponnistus.

Jos transformaattorista tulevaa eli sekundäärivirtaa on käytettävä valaistukseen, varustetaan transformaattori tavallisesti niin sovitetuilla lankakierroksilla, että sekundäärinen ponnistus tulee olemaan 110^o tai 220 voltia. Edellisessä tapauksessa soveltuu ponnistus tavallista kaksijohtoista järjestelmää ja jälkimmäisessä tapauksessa kolmijohtojärjestelmää varten, jolloin myöskin tasaaja- eli nollajohto on vedettävä transformaattorin nollapisteestä, joka on sen sekundäärisen lankavyhden keskipisteessä.

*) Primäärijohdolla ymmärretään ensiarvosta johtoa, s. o. johtoa, johon virta transformaattorissa tulee; sekundäärisellä johdolla ymmärretään toisarvoista johtoa, jossa transformaattorissa primäärijohtoon virran eli primäärivirran vaikutuksesta syntyy iuduseerattu, sekundäärinen eli toisarvoinen virta.



Suomen Vakuutus-Tariffi-Yhdistyksen

Määräykset

sähkövalaistus- ja sähkövirran avulla tapahtuvan
työvoiman-siirtämis-laitoksille.

(HUOM.! Alempana olevat määräykset ovat noudatettavat sen
ohessa mitä yleisessä laissa on säädetty).

Sähkövirran synnyttämiseen, kokoomiseen ja muuttamiseen tarvittavat
koneet ja kalusteet (apparaatit).

1 §.

Sähkökoneita, galvaanisia elementtejä, akkumulaattoreja, muut-
tajia (transformaattoreja) ja muita samanlaatuksia kalusteita ei saa
asettaa sinne missä on räjähtäviä aineita.

Jos räjähtäviä aineita ei ole, käytettäköön sellaisia kalusteita,
kunhan ne vaan ovat asetetut niin ettei syttymisestä ole mitään vaaraa.

2 §.

Edellisessä §:ssä mainitut koneet ja kalusteet pitää olla maasta
eristetyt, kun niiden rakenne vaan sen sallii.

3 §.

Vuorovirranmuuttajat (transformaattorit) pitää olla niin asetetut,
ettei sivullinen pääse niitä koskettelemaan ja, jos ne ovat asetetut pyl-
väisiin, ympäröityt tulenkestävällä ja kosteudelta suojelevalla peit-
teellä. Jos peite on johtavata ainetta ja pelätään sen koskettelevan
transformaattoria, pitää peitteen sisäpuolella olla eristävä verhoitus

Jos vuorovirranmuuttaja (transformaattori) on asetettu raken-
nuksen sisään, pitää sen ynnä siihen kuuluvat kalusteet olla suljettu
tulenkestävään huoneeseen, jota ei muuhun tarkoitukseen käytetä.

4 §.

Galvaaniset elementit eli akkumulaattorit pitää asetettaman eroi-
tettuihin huoneistoihin, joita ei käytetä muihin tarkoituksiin ja joissa
on hyvästi järjestetty ilmanvaihto.

Jos akkumulaattorit ladataan liian täyteen, syntyy siitä räjähtäviä kaasuja, minkä vuoksi niiden läheisyydessä saa käyttää ainoastaan sellaisia valaistuslaitoksia, joista ei ole syttymisen vaaraa.

5 §.

Jos sähkövoima samansuuntaisissa sähkövirroissa nousee yli 500 voltin ja vuorovirroista yli 200 voltin, on lattia sähkökoneen tahi kalusteen ympärillä peitettävä kautsu-, asfaltti- tahi porsliinipeitteellä tahi muulla vastaavalla eristävällä aineella niin leveältä, ettei eristävän peitteen ulkopuolella seisova henkilö pääse koskettelemaan mitään sanotun koneen tahi kaluston osaa.

Sitäpaitsi on järjestettävä niin, ettei eristävällä lattianpeitteellä seisova henkilö samalla kertaa voi päästä koskettamaan sähkökonetta ja toista maan kanssa johtavassa yhteydessä olevaa esinettä.

Sopiviin paikkoihin on myöskin naulattava selvät varoitukset, joissa kehoitetaan käyttäytymään varovasti sähkökoneita, johtoja ja kalusteita kosketellessa.

Johdot rakennusten sisällä.

6 §.

Kaikki johdot pitää olla tyydyttävän kestävät ja niiden poikkileikkauspinta niin sovitettu, että normaalipainolle:

1) hehkuvalo johdoissa lasketaan mm^2 kohti korkeintaan

5 ampeerea aina 5 mm^2 poikkileikkauspinnalle;

4 " " 10 " "

3 " " 50 " "

2 " yli 50 " "

2) kaarilamppujohdoissa lasketaan poikkileikkauspinta virran kahdenkertaisen normaalivoiman mukaan ja

3) työvoimansäilytysjohdoissa lasketaan poikkileikkauspinta maksimaalivoiman mukaan.

Pienin sallittu poikkileikkauspinta ei saa olla vähempi kuin $0,75 \text{ mm}^2$ johtoa kohden, paitsi varusteiden- (armatuurien) johdoissa ja muilankaisissa kaksoisjohdoissa yksinäisiin lamppuihin. Kumminkaan ei sanotuissa kaksoisjohdoissa poikkileikkauspinta saa olla pienempi kuin $0,45 \text{ mm}^2$ johtoa kohden.

Tämä kaikki sillä edellytyksellä, ettei johtoaaineiden vastus yhtä metriä ja yhden mm^2 poikkileikkauspintaa kohden ole suurempi kuin $0,018 \text{ ohmia} + 15^\circ \text{ cels.}$ Jos käytetään johtoaainetta jolla on toisenlainen ominais-(specifiikki) vastustusvoima, muutetaan poikkileikkauspinta siihen nähden suhteellisesti. Tasoituskoneet ja mittarit eivät ole näiden määräysten alaiset.

7 §.

Kaikki johdot pitää olla varustetut täysin tyydyttävällä ja kestäväällä, eristävällä peitteellä ja pitää eristämisen vastustusvoima johtolaitoksen ja maan välillä aina oleman vähintään $5,000 \frac{P}{I}$ ohmia, jolloin P osoittaa johtolaitoksen voimaneroituksen voltteissa ja I sen virranvahvuuden ampeereissa kysymyksessä olevissa sisäjohtadoissa. Tästä voidaan asianomaisten luvalla erityisissä tapauksissa tehdä poikkeus.

8 §.

Johdot, jotka ovat aiotut sellaisia sähkövirtoja varten, joiden voimaneroitus on vähintään 20 ja korkeintaan 150 voltia, pitää asetettaman vähintään 50 mm. päähän toisistansa taikka tehtämän kaksoisjohdoiksi ja varustettaman hyvin eristävillä peitteillä.

„Hyvin eristetyillä johdoilla” ymmärretään näissä määräyksissä sellaisia johtoja, jotka, oltuansa 24 tuntia upotettuna veteen, vielä osoittavat omaavan eristamisvoimaa vähintään $500 + P$ ohmia kilometriä kohden lämmön ollessa $+ 15$ cels., jolloin P osoittaa suurimman voimaneroituksen volteissa.

Jos johdot asetetaan puukouruihin pitää väliseinän olla yhtä leveän kun uurroksetkin, kumminkaan ei enempää kun 12 mm.

Jos käytetään puulistoja pitää niiden olla kosteutta ja lahoamista vastaan impregneerattuja sekä kannet pyöreäpäisillä ruuveilla kiinnitetty.

9 §.

Jos voimaneroitus nousee yli 150 voltin, pitää johtojen välimatkaa, olkootpa johdot sitte pantu puukouruihin tai ei, enennettämän 10 mm:llä jokaista 50 voltia tai sen osaa kohden aina 250 mm:iin asti.

10 §.

Trossipohjiin, panelilautain taakse, katto- tai seinärappauksiin asetetut johdot pitää aina olla monilankaiset ja vähintään 1,1 mm²:n paksuiset ja tehdyt siten kun joku allamainituista johdoista tai jollakin muulla täysin yhtä hyvällä ja hyväksytyllä tavalla:

- 1:ksi eristetyt johdot tulenkestävissä ja eristetyissä putkissa,
- 2 „ vulkaanoitu kaapeli metalliputkissa,
- 3 „ metallipunoksella tai asfaltilla päällystetty lyijykaapeli tai
- 5 „ hyvin eristetyt johdot Bergmannilaisissa putkissa, joiden yhdistämistä kumiputkilla ei ole sallittu. Jos useampia johtoja vedetään saman putken lävitse, pitää niiden olla tehdyt niinkuin hyvin eristetyt kaksoisjohtajat.

11 §.

Kun johdot viedään seinien tai kattojen lävitse pitää jokaisen yksinkertaisen tai kaksoisjohtajan mennä tarpeellisen pitkän, hyvästi eristävästä, kestävästä ja sen laatuudesta aineesta tehdyn putken läpi, ettei eristys johdossa vahingoitu.

12 §.

Johtojen mennessä ristiin joko keskenään taikka metalliesineiden kanssa, pitää ne joko eristävien putkien tai välilevyjen avulla taikka muulla tavalla estettämän sattumasta toisiinsa. Niinhyvin putket, levyt ja muut samanlaiset laitokset kuin myöskin johdot pitää olla huolellisesti kiinnitetyt, niin ettei ilman väkivaltaa voi siirtää niitä keskinäisistä asemistaan.

13 §.

Metallisia kiinnittimiä on niin paljon kun mahdollista kartettava, mutta siinä missä niitä on käytetty johtojen kiinnittämiseksi,

pitää johdon joka kiinnityspaikassa olla varustettu tehokkaalla ja eristävää laatua olevalla suojuksella.

14 §.

Kosteissa huoneistoissa pitää johdot riippua vapaasti porsliini-, lasi- tahi muusta yhtä hyvin eristävästä aineesta tehtyjen eristäjän (isolaattorien) varassa taikka ovat ne tehtävät hyvin eristetyistä langoista tahi kaapelista.

15 §.

Siellä missä on olemassa aineita, jotka voivat turmella eristävän aineen tahi itse johdon, pitää niiden vaikutusta vastaan laitettaman erityiset suojelekeinot.

16 §.

Missä kulumisen taikka satuttamisen kautta on pelättävä tulevan vahinkoa eristykselle, siinä on ryhdyttävä erityisiin toimenpiteisiin sen suojelemiseksi.

17 §.

Kaikki liitokset pitää olla huolellisesti juotetut ilman happoa ja kaikki juotospaikat hyvin eristetyt. Yhdistykset kalusteihin tehtävään kumminkin ilman juottamista.

18 §.

Jos voima samansuuntaisissa sähkövirroissa nousee yli 500 voltin ja vuorovirroissa yli 200 voltin, pitää johdot olla sivullisilta suojellut ja tehty hyvin eristetystä kaapelista tahi langasta sekä ympäröity ulkoapäin tulevaa vahingoittamista vastaan suojelevalla verhoituksella, joka, jos se on johtavata laatua, pitää asetettaman hyvään yhteyteen maan kanssa.

Johdot rakennuksessa olevaan muuttajaan (transformaattoriin) pitää johtopaikasta muuttajahuoneeseen saakka olla koko pituudeltaan laskettu tulenkestäviin tiehykkeisiin, kun sähkövoima nousee yli ylempänä mainitun volttimäärän.

Rakennuksien ulkopuolella olevat maanpäälliset johdot.

19 §.

Kaikki johdot, jatkokset siihen luettuna, pitää olla tyydyttävän kestävät ja lujasti kiinnitetyt eristäjiin tahi muulla tyydyttävällä tavalla pantu kiinni ja eristetyt ja pitää poikkileikkauspinnan oleman vähintään puolet siitä mitä 6 §:ssä huoneiden sisällä oleville johdoille on määrätty.

Näiden johtojen eristämisvastus pitää myöskin olla sama kun 7 §:ssä on säädetty.

20 §.

Ne kohdat, missä johdot viedään rakennuksiin, ovat niin varustettavat, ettei niistä pääse kosteus tunkeutumaan sisään.

21 §.

Johdot pitää olla asetetut niin pitkän matkan päähän toisiansa tahi muista sähköjohtavista esineistä, ettei tarvitse pelätä niiden koskevan yhteen.

Sitäpaitsi pitää, jos telegraafi-, telefoni-, tahi muita samanlaatu-
tuisia johtoja on vedetty kysymyksessä olevien johtojen ylitse, kos-
keminen niihin estettämän n. s. suojeluslangoilla tahi muulla yhtä
tehokkaalla tavalla.

22 §.

Päällystämättömät johdot ovat asetettavat vähintään 5 metrin
korkealle maasta ja vähintään 2,5 metrin päähän sellaisista rakennuk-
sien osista, niinkuin katoista, akkunoista, balkongeista y. m. joista
mahdollisesti voipi ylettyä tapaamaan johtoja; ja pitää, jos välimatka
on lyhyempi tahi ne muuten ovat helposti tavattavissa, olla varus-
tetut hyvällä eristävällä peitteellä, joka huolellisesti on pidettävä kun-
nossa.

Jos sähkövoima samansuuntaisissa virroissa nousee yli 500 vol-
tin tahi vuorovirroissa yli 200 voltin, pitää tämän eristävän peitteen
päälle vielä asetettaman toinenkin suojeleva peite, mikä, jos se on
johtavaa laatua, pitää olla hyvässä yhteydessä maan kanssa.

Poikkeuksia tässä voidaan asianomaisten luvalla myöntää rai-
tiotielaitoksille.

23 §.

Laaja-alaisia johtoja varten pitää sopiviin paikkoihin olla ase-
tettu tarkoituksenmukaiset ukkosenjohdattajat.

Turvallisuus- ja tarkastuskalusteet ynnä sammuttajat.

24 §.

Jokaisen johtojärjestelmän kaikki johdot pitää olla suojellut
turvallisuuskalusteilla.

25 §.

Turvallisuuskalusteet pitää olla tehtyt tulenkestävästä aineesta
ja varustetut pohjalevyillä, jotka kosteissakin huoneissa ovat hyvin
eristäviä ynnä niin rakennetut, ettei sanottavan kestävästä valokaarta
voi syntyä; ja pitää sellaiset kalusteet, mitkä ovat aiotut vaikutta-
maan metallin sulamisen kautta ja eivät ole alituisen silmälläpidon
alaisia, olla suljetut, ettei metalli sulaessa pääse tippumaan ulos.
Kaksi- tahi useampi napaisissa turvallisuuskalusteissa saapi käyttää
ainoastaan tulenkestävästä aineesta tehtyä kantta.

Jokaisessa turvallisuuskalusteessa pitää olla ilmoitettu mikä on
työvirran korkein luvallinen voima.

Turvallisuusmetallit, joita aina pitää voida helposti ja ilman
juottamista muuttaa, pitää olla niin sovitetut, että johdossa tulee
pysähdys ennenkuin virranvoima missään osassa nousee kahdenker-
taiseksi siitä mitä 6 §:ssä on määrätty.

Jokaisessa turvallisuusmetallissa pitää olla ilmoitettu normaali-
sen virran vahvuus, ainakin 15 ampeeresta ylöspäin.

Turvallisuusmetalleja pitää aina olla varalla kaikkia laitoksessa
olevia turvallisuuskalusteita varten.

26 §.

Sammuttajat ja virranvaihtajat ovat varustettavat tulenkestä-
villä ja kosteissakin huoneissa hyvästi eristävillä pohjalevyillä sekä,
jos ne eivät ole alituisen silmälläpidon alaisina, ovat ne ympäröivät

tulenkestävästä aineesta tehdyillä suojuksilla, jotka peittävät kaikki sähkövirtaa johtavat osat.

Kaikki koskettimet (kontaktit) pitää olla niin suuret, ettei normaaliveimaa käyttäessä huomattavampaa lämpöä tule kysymykseen, ja virran katkaiseminen pitää tapahtua niin nopeasti ja niin pitkältä, että tästä syntyvä valokaari varmasti tulee katkaistuksi ilman että kosketuspinnat vahingoittuvat, ja niin ettei virta voi hypätä muihin paikkoihin.

Sellaisissa huoneissa missä on räjähtäviä aineita on sellaisten sulkijain, virranvaihtajain ja turvallisuskalusteiden käyttäminen, joissa voi syntyä kipeniä, ainoastaan poikkeustiloissa ja siinä tapauksessa sallittu, että kaikki syttymis- ja räjähdysvaara on luotettavalla tavalla estetty.

27 §.

Seinäkoskettimissa pitää seinään kiinnitetyn osan olla tulenkestävästä aineesta.

28 §.

Tasottajissa (reostaateissa) pitää virtaatuovat osat olla niin suuret, ettei normaalisien virranvoimasta voi syntyä liiallista lämpöä ja pitää virtaajohtavat osat olla asetetut tulenkestävälle aineelle ja, jos ne eivät ole alituisen silmälläpidon alaisina, ympäröidyt tulenkestävällä suojuksella, mikä estää ympärillä olevia esineitä pääsemästä koskettelemaan itse vastuksia. Tasottajat (reostaatit) ja suojuukset pitää olla niin asetetut ja suunniteltut, että hvv ilmaanvaihto niissä voi tapahtua sekä ettei kuumennetusta ilmasta syntyvän lämmön kautta tule tulenvaaraa.

29 §.

Tasottajia (reostaatteja) ei saa asettaa sellaisiin huoneisiin missä on räjähtäviä aineita.

30 §.

Sen kohdan välittömässä läheisyydessä missä johto on viety rakennukseen, pitää joka johdossa olla turvallisuskaluste. Kaikki samassa rakennuksessa sijaitsevat sähkövirtaa käyttävät kalusteet pitää muutamain katkaisijain avulla voitaman helposti eroittaa johdosta.

31 §.

Laitos on järjestettävä niin, että yhteys virranlähteen ja kaikkien johtajien välillä voidaan katkaista nopeasti ja varmasti.

32 §.

Rinnakkais-järjestelmässä pitää olla volttimittari ja sarjajärjestelmässä ampeerimittari; niin ikään pitää oleman laitos, jonka avulla helposti voi löytää varsinaiset maajohdoissa olevat viat.

Lamput ja niiden tarpeet.

33 §.

Varusteet, niinkuin kruunut, lamput ja muut sellaiset eivät saa kuulua virran kehään.

34 §.

Kun metalliset lampunkannattajat ovat asetetut maan kanssa johtavassa yhteydessä olevien esineiden päälle, pitää lampunkannattajat olla näistä esineistä eristetyt.

35 §.

Kosteissa huoneissa pitää varusteissa olevat ja johtoja varten aiotut tiehykkeet olla kosteudelta suojeltut.

36 §.

Hehkulamppukannattajien eristetyt osat ei saa olla tehty ebonitistä tai muusta sellaisesta aineesta, joka lämpimässä muuttaa muotonsa; kannattajan ulkokuori ei saa olla johtavata laatua, ellei se ole suljettu suojelemaan kupuun.

37 §.

Sellaisiin huoneistoihin tai paikkoihin asetetut kaarilamput, mistä alasputoavat hiilenpalaset voivat sytyttää, pitää olla asetetut ympäröivään kupuun, tai lyhtyyn tai varustetut muulla yhtä hyvällä suojuksella, joka poistaa yllämainitun vaaran.

38 §.

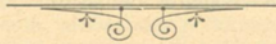
Huoneistoissa, missä on räjähtäviä aineita, ei kaarilamppuja saa käyttää ja mitä hehkulamppuihin tulee, niin pitää niinhyvin lamppu kun lampunkannattaja olla suljettu ilmaapitävään verhoon.

Laitoksesta kokonaisuudessaan.

39 §.

Se henkilö, jolle laitoksen rakentaminen on uskottu ja josta edellytetään, että hän on siihen täysin perehtynyt, on velvollinen antamaan todistuksen siitä, että laitos on tehty edelläolevien määräysten mukaisesti sekä sitäpaitsi antamaan laitoksesta pohjapiirustuksen, mistä voi nähdä koneiden, johtojen, lamppujen-, turvallisuus-, tasoitus- ja sulkemiskalusteiden y. m. asemat ja mitat ja jossa on ilmoitettu sähkövirran voiman suuruus, turvallisuuskalusteissa käytetyn metallin tai metallinsekoituksen laatu tai aineosat, ynnä poikkeileikkauspinnan suuruus. Pienempi näyte käytetyistä johtoaineista on myöskin todistukseen liitettävä.

Nämät määräykset on ulkomailla käytettyjen määräysten mukaisesti, laatinut Vakutus-Tariffi-Yhdistyksen sitä varten asettama komiteea, mihin kuului Sähkötekniikot Herrat Hugo Mäkin, Th. Neovius ja Gottfr. Strömberg sekä vakuutusyhtiöiden puolesta Herrat W. Stenberg ja J. N. Carlander.



T a u l u

osottava kuparilangan ja kaapelijohtojen läpileikkauspinta-alan, painon ja johtovastustuksen.

Kuparilankojen		Läpileik-	Vastustus	Paino 100	Pituus met-
luku-	läpileik-	kauspinta-ala	ohmeissa 1:ltä	metriltä ki-	reissä kilolta.
määrä.	kaus-	neliö milli-	kuutio met-	loissa.	
	millimet-	treissä.	riltä 15° Cels.		
	reissä.		lämmössä.		
1	1,0	0,785	22,06	0,698	143,2
1	1,2	1,130	15,74	1,005	99,5
1	1,4	1,539	11,56	1,370	73,0
1	1,6	2,011	8,85	1,787	56,9
1	1,8	2,545	6,99	2,262	44,2
1	2,0	3,142	5,66	2,79	35,9
1	2,2	3,801	4,68	3,38	29,6
1	2,4	4,524	3,93	4,02	24,9
1	2,6	5,309	3,35	4,74	21,1
1	2,8	6,158	2,89	5,47	18,3
1	3,0	7,069	2,52	6,291	15,9
1	3,2	8,042	2,21	7,158	14,0
1	3,4	9,079	1,96	8,062	12,4
1	3,6	10,179	1,75	9,009	11,0
1	3,8	11,341	1,57	10,00	9,91
1	4,0	12,566	1,42	11,13	8,94
1	4,5	15,904	1,12	14,16	7,06
1	5,0	19,635	0,91	17,48	5,72
1	5,5	23,758	0,75	21,15	4,73
1	6,0	28,274	0,63	25,16	3,97
1	6,5	33,183	0,54	29,53	3,39
1	7,0	38,485	0,46	34,25	2,92
1	7,5	44,179	0,40	39,32	2,54
19	1,4	29,25	0,61	26,53	3,77
19	1,8	48,35	0,37	43,85	2,28
19	2,0	59,69	0,30	54,14	1,84
19	2,2	72,22	0,25	65,50	1,52
19	2,4	85,96	0,207	77,96	1,28
19	2,6	100,87	0,178	91,49	1,09

Muuttotaulu Birminghamin mitasta B. W. G.

B. W. G. N:o	Läpileikkaus millimet- reissä.	Läpileikkaus pinta-ala ne- liömillimet- reissä.	B. W. G. N:o	Läpileikkaus millimet- reissä.	Läpileikkaus pinta-ala ne- liömillimet- reissä.
00	9,65	73,1	16	1,65	2,14
0	8,63	58,5	17	1,47	1,70
1	7,62	45,6	18	1,24	1,21
2	7,21	40,8	19	1,06	0,88
3	6,57	33,9	20	0,88	0,61
4	6,04	28,7	21	0,81	0,513
5	5,58	24,5	22	0,71	0,396
6	5,15	20,8	23	0,68	0,363
7	4,57	16,4	24	0,55	0,238
8	4,19	13,8	25	0,50	0,196
9	3,75	10,0	26	0,45	0,165
10	3,40	9,08	27	0,40	0,126
11	3,04	7,26	28	0,37	0,108
12	2,76	5,98	29	0,33	0,086
13	2,41	4,56	30	0,31	0,076
14	2,04	3,27	31	0,26	0,053
15	1,82	2,60			

Taulu, osottava rautalangan painon ja pituuden.

B. W. G. N:o	Kilometrin paino ki- loissa.	Kilon pituus metreissä.	B. W. G. N:o	Kilometrin paino ki- loissa.	Kilon pituus metreissä.
00	506,0	1,980	10	74,26	13,45
0	420,3	2,376	11	59,28	16,90
1	341,0	2,916	12	45,84	22,39
2	291,1	3,866	13	34,97	28,60
3	256,2	3,570	14	27,33	36,56
4	218,3	4,590	15	21,28	46,94
5	183,5	5,454	16	15,97	62,51
6	151,6	6,498	17	12,80	81,27
7	129,6	7,704	18	9,475	100,80
8	109,6	9,101	19	7,689	108,40
9	91,08	10,980	20	6,663	165,00

Taulu, osottava eri aineiden vastustusta.

J o h d o i s s a .				E r i s t ä j i s s ä .	
Aineen laatu	Yhden nelionmilitrin pintaa-alaan vastustuksen Ohmeissa		Vastustuksen lisäys 10 C. prosen-toissa.	Yhden millimetrin vahvuus yhden nelionmilitrin pinta-alla.	Vastustus Ohmeissa.
	1 metrillä.	1 k-metrillä.			
Alumiini	0,0308	30,8	0,39	Kreosotti, Benzooli .	$10^3/10^4$
Lyijy	0,2076	207,6	0,39	Vulkanikuitu	$10^4/10^7$
Rauta	0,1000	100,0	0,48	Velj. Ad'ten seos BP	10^5
Kulta	0,0220	22,0	0,36	Luiskakivi	5×10^5
Kruppin vastustusaine	0,8480	848,0	0,07	Puu	$10^6/10^7$
Kupari, tavallinen	0,0174	17,4	0,38	Liitu	2×10^6
kem. puhdas	0,0163	16,3	0,44	Oliiviöljy	10^7
Uushopea, Lange Auerhammarin	0,3000	300,0	0,03	Velj. Ad'ten seos LP	3×10^7
Nikkeli	0,1306	130,6	0,36	Benzini	$1,5 \times 10^8$
Nikkelini, Lange Auerhammerin	0,4000	400,0	0,02	Valkea marmori	2×10^8
Platina	0,0937	93,7	0,24	Porliini	5×10^8
Platinahopea ($1/8$ platinaa)	0,2470	247,0	0,03	Kuutiokivi	8×10^8
Eliohopea	0,9416	941,6	0,09	Velj. Ad'ten Isoliitti PJ	10^9
Rheotan, Lange Auerhammerin	0,4730	473,0	0,02	Steariinihappo	3×10^9
Hopea	0,0159	15,9	0,38	Gutaperka, Kautsu . . .	4×10^9
Vismuntti	0,3290	329,0	0,35	Puuviina	10^{10}
Sinkki	0,0592	59,2	0,36	Gummiakka	9×10^{10}
Tina	0,1400	140,0	0,36	Gummi	$1,5 \times 10^{11}$
Grafiitti	11,4	—	0,09	Pilasi	3×10^{11}
Kaarilampun hiili	60—70	—	0,05	Eboniitti	3×10^{11}
				Parafiini	$3,5 \times 10^{11}$

Sisällysluettelo.

I.	Sähkövirta ja sen vaikutukset.	Sivu 1
II.	Sähköyksiköt.	" 20
III.	Sähkön mittaus-koneet.	" 25
IV.	Dynamosähkökoneita.	" 37
V.	Sähkömoottoreista.	" 26
VI.	Kaari-ja hehkulampuista.	" 72
VII.	Virran jakamisjärjestelmistä.	" 80
	Suomen Vakuutus-Tariffi-Yhdistyksen määräykset sähkövalaistus- ja sähkövirran avulla tapahtuvan työvoiman-siirtämislaitoksille.	" 99
	Taulu, osottava kuparilangan ja kaapelijohtojen läpileikkauspinta-alan, painon ja johtovastustuksen. •	" 107
	Muuttotaulu Birminghamin mitasta.	" 108
	Taulu, osottava rautalangan painon ja pituuden. . .	" 108
	Taulu, osottava eri aineiden vastustusta.	" 109



→ M. Lyytisen kustannuksella ←

on ilmestynyt kirjakauppoihin:

== SÄHKÖ ==

I.

*Sähkö ja sen käyttäminen valaistukseen ja työvoiman
siirtämiseen.*

KARL WALLIN'IN mukaan.

Sisältää 74 kuvaa.

112 sivua. Nidottuna 2 mk. 50 penniä.

Jatkona edelliselle kirjalle ilmestyy paraallaan

== SÄHKÖ ==

II.

TELEFOONI,

jota saa tilata yhden, painoarkin kokoisissa 40 pennin hintaisissa viikkoissa. Tämä osa tulee noin kahdaksan painoarkin kokoinen ja sisältää 81 tekstiä valaisevaa kuvaa.

Sähkö tulee jatkumaan edelleenkin eri osina, kaikilla erikoisaloilla samassa koossa kuin edellä mainitut osatkin ja niiden kanssa yhteen sidottavaksi aiottuna.

Edellisten ohessa alkaa nyt heti ilmestyä

Käsikirja

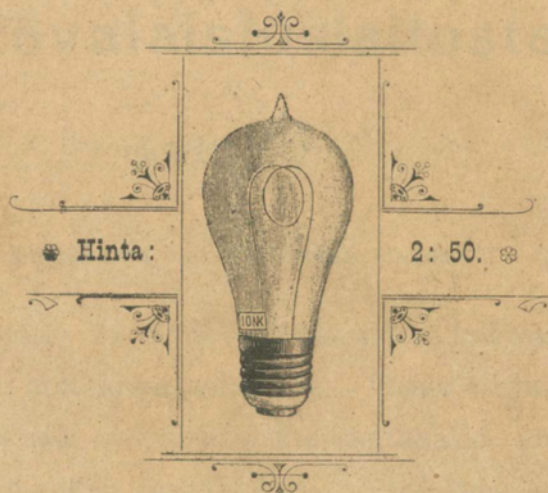
Sähkövalaistuslaitosten

Asettajille

S. Vapaaherra von Gaisbergin mukaan,

joka painetaan 24 sivuisen painoarkin kokoisissa
40 pennin hintaisissa vihkoissa. Tämä kirja on
aijottu taskussa työpaikalla kuljetettavaksi, jonka
tähden se tehdään taskukokoon ja painetaan erit-
tään hyvälle paperille petiittikirjaimilla. Siihen
tulee 154 kuvaa.

175.
E. M. Thurman



$X \text{ Pong} = 0,75 \text{ Pong.}$

750 $\frac{400}{25}$

$\frac{400}{8}$

~~400~~ 133
 $\frac{1}{2}$
 $\frac{1}{2}$